SÉRIE E,
N° 69

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE CLERMOND-FERRAND

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

Pierre DUCLOS

PREMIÈRE THÈSE

Géologie et Minéralisations Uranifères de la Plaine tertiaire du Forez (Massif Central Français)

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 7 janvier 1967 devant la Commission d'examen

Monsieur M. ROQUES, Doyen de la Faculté des Sciences — Président

Monsieur P. LAPADU-HARGUES, Professeur
Monsieur J.-M. PETERLONGO, Professeur } Examinateurs

SÉRIE E,
N° 69

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE CLERMOND-FERRAND

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

Pierre DUCLOS

PREMIÈRE THÈSE

Géologie et Minéralisations Uranifères de la Plaine tertiaire du Forez (Massif Central Français)

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 7 janvier 1967 devant la Commission d'examen

Monsieur M. ROQUES, Doyen de la Faculté des Sciences — Président

Monsieur P. LAPADU-HARGUES, Professeur
Monsieur J.-M. PETERLONGO, Professeur } Examinateurs

PERSONNEL FACULTÉ DES SCIENCES - ANNÉE SCOLAIRE 1966-1967

Doyen

M. ROQUES Maurice

1er Assesseur

M. SAUREL Jean

2ème Assesseur

M. RAOULT Gaston

Professeurs

MM.	RAMBAUD René	Chimie	Mlle	BERTHET Ginette	Physique
	BLANC Eugène	Mécanique Rationnelle	MM.	LOISEAU Jean	Botanique
	ROQUES Maurice	Géologie		COMBE René	Physique
	LAPADU-HARGUES Pierre	Minéralogie		de PUYTORAC Pierre	Zoologie
	TRUFFAULT Robert	Chimie Organique	Mme	AVAN Madeleine	Physique
	LUTZ Hubert	Biologie Animale	Mlle	DONDON Marie-Louise	Chimie Physique
	RAOULT Gaston	Physique	MM.	DELOST Paul	Physiologie Animale
	CHAMPAGNAT Paul	Physiologie Végétale		SAUREL Jean	Physique
	DUPLESSIS-KERGOMARD Alain	Chimie		VIALLARD André	Chimie
	AVAN Louis	Physique Expérimentale		KOLHMULLER Robert	Chimie Minérale
	PARIAUD Jean-Charles	Chimie Physique	N	.....	Algèbre
Mme	HENNEQUIN Françoise	Mathématiques		.....	Physique générale

Professeurs sans chaire

M.	PETERLONGO Jean-Marc	Géologie	MM.	HENNEQUIN Paul Louis	Mathématiques
	BAILLAUD Lucien	Botanique		FALGAS Maurice	Mathématiques
	VESSIERE Roger	Chimie		ROCHE Jean Etienne	Physique
	GUILLAUME Marcel	Mathématiques		MARTINET Pierre	Chimie
	BATHIER Marcel	Physique		MAISONNEUVE Jacques	Géologie
Mlle	DUCHER Suzanne	Chimie		CAPESTAN Michel	Chimie

Maîtres de Conférences

MM.	THOMAS Jean	Physique	MM.	CAUBERE Paul	Chimie
	LENOIR Marcel	Mathématiques		SOULAGE René	Géophysique Générale
	BERNARD Maurice	Physique	N	.....	Biologie Animale
	JOYON Louis	Zoologie			
	ISABELLE Didier	Physique			

Charges d'Enseignement

MM.	CHADEYRAS Marcel	Mathématiques	Mme	BESSERRE Anne-marie	Mathématiques
	BADRIKIAN Albert	Mathématiques	MM.	BOILLAT Guy	Mathématiques

Maîtres de Conférences Associés

MM.	VO-KHAC KHOAN	Mathématiques

Attachée Principale

Mme CHOPART Marie-Louise

UNIV. LEIDEN BIBL.

AVANT-PROPOS

En 1959, le COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE m'a confié un travail de recherche d'Uranium dans la plaine Tertiaire du Forez. C'est de cette recherche qu'est venue l'idée de cette thèse. Nous disposions au départ de peu d'informations. Il nous a donc fallu mener de pair un travail technique de prospection et un travail scientifique ; ce dernier étant destiné à situer cette prospection dans son contexte géologique.

C'est avec le double encouragement de mon Chef de Service, M. H. SANSELME et par la suite de M. le doyen M. ROQUES, à qui ces travaux avaient été montrés que je me suis lancé dans la rédaction d'une Thèse. Je peux dire maintenant que ce fut avec une certaine appréhension. En effet, vingt ans d'activités essentiellement techniques au sein du CEA m'avaient quelque peu éloigné de l'Université. M. M. ROQUES a su me persuader, et m'encourager dans cette voie difficile qu'est la réalisation d'un tel diplôme fait en plus des activités professionnelles normales. Je ne saurais trop l'en remercier.

Ma gratitude va également aux professeurs du Département de Géologie de la Faculté des Sciences de CLERMONT, en particulier à son directeur M. LAPADU-HARGUES qui m'a souvent encouragé avec humour et bienveillance.

Je mentionnerai tout spécialement M. J.M. PETERLONGO qui, avec un soin méticuleux et sa parfaite courtoisie habituelle, a bien voulu lire mes manuscrits à plusieurs reprises et me conseiller efficacement.

D'autres encouragements me sont venus de la Direction des Productions du CEA où j'ai l'honneur de servir depuis plus de vingt ans. Les autorisations nécessaires à la publication m'ont été données par notre Directeur, M. J. MABILE, sur la proposition de M. A. GANGLOFF, Chef du Département des Recherches Minières. Qu'ils en soient très sincèrement remerciés.

M. H. SANSELME, par sa fermeté et sa cordialité, m'a permis de mener à bien cette thèse. Ses conseils et ses observations constructives en ont aidé l'élaboration. Je suis heureux de pouvoir lui témoigner ici toute ma reconnaissance et mon attachement.

M. G. BRANCHE, Chef du Service de Minéralogie du CEA, et son collaborateur M. CHANTRET, ont réalisé le travail analytique. Leurs avis et leurs explications m'ont été indispensables et je les en remercie chaleureusement.

M. Ch. SCEMAMA s'est occupé de la coordination Terrain-Laboratoires avec compétence. Son dévouement et son amitié ne m'ont jamais fait défaut.

Mon amical souvenir ira aussi à mes Chefs de Division, Chefs de Service et Collègues du CEA qui m'ont apporté leur concours ; je citerai MM. P. CHARDON, A. POUGHON, Y. PUIBARAUD, R. POCHET, L. BARAS, A. CARLIER, J. HINAULT, J. CHERVET, L. FRERE, J. MORAND.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546606_0011

TABLE DES MATIÈRES

J'ai voulu dans cet ouvrage indiquer toutes les observations que nous avons faites au cours de quatre années de prospection. Pour en faciliter l'utilisation, j'ai jugé utile d'inclure un résumé à la fin de chaque chapitre. En outre, la table des matières a été étoffée de façon à constituer en elle-même une sorte "d'abstract".

1ère PARTIE

GEOLOGIE DE LA PLAINE DU FOREZ

(Massif Central Français)

Pages

CHAPITRE I - GEOGRAPHIE PHYSIQUE 13

(situation, limites, aspect général, etc..)

Résumé du chapitre 15

CHAPITRE II - HISTORIQUE 17

CHAPITRE III - ETUDE GEOLOGIQUE DES BORDURES 21

(Description morphologique et pétrographique des bordures :

Au Nord, à l'Ouest et au Sud, le socle s'ennoie sous des sédiments aux faciès sablo-argileux monotones. Quelques failles, de faible rejet peuvent localement accélérer cet ennoyage. A l'Est au contraire, des sédiments de nature plus variée buttent contre deux failles très importantes. Il semble que la plaine ait été primitivement beaucoup plus étendue vers l'Est et qu'elle ait ensuite été coupée en deux par ces failles).

Résumé du chapitre 22

CHAPITRE IV - DESCRIPTION DE DEUX COUPES GEOLOGIQUES 25

(L'étude d'une coupe transversale et d'une coupe longitudinale montre que les faciès qui affleurent sont très monotones. Cependant, il est possible de diviser la série stratigraphique en quatre étages. Ceux-ci décrivent à l'affleurement des auréoles concentriques assez régulières au Nord, à l'Ouest et au Sud. Elles sont interrompues à l'Est ce qui confirme la coupure probable de la plaine par les grandes failles orientales).

Résumé du chapitre 27

CHAPITRE V - STRATIGRAPHIE 29

Pages

PREMIER ETAGE OU ETAGE FELDSPATHIQUE DE BASE 30

(Il débute par des sables argileux versicolores très feldspathiques et se termine par des niveaux marneux et calcaires, constituant une séquence sédimentaire normale et complète).

Répartition géographique et puissance

DEUXIEME ETAGE OU ETAGE DES GRES DE VEAUCHE 31

(Dans la première moitié, les argiles et marnes de la fin de la séquence précédente se poursuivent avec des intercalations sableuses grossières de plus en plus fréquentes. Dans la deuxième moitié, on retrouve une séquence normale débutant par des grés et se terminant par des argiles peu sableuses).

Répartition géographique et puissance.

(l'étage déborde vers le Sud jusqu'au socle).

TROISIEME ETAGE OU ETAGE DES SABLES QUARTZEUX 32

(On a là une série sableuse assez peu puissante. Elle est plus quartzeuse que les précédentes et une partie des matériaux semble provenir de la reprise de sédiments déjà déposés dans les étages précédents).

Répartition géographique et puissance.

(l'étage déborde les précédents jusqu'au socle, vers le Nord).

QUATRIEME ETAGE OU ETAGE DES MARNES VERTES 33

(Après une exondation, et en discordance sur les sables quartzeux on trouve une nouvelle séquence sédimentaire normale. La base sableuse est peu puissante et montre plusieurs exondations. Au dessus vient une puissante série argileuse et marneuse).

Répartition géographique et puissance.

LES FORMATIONS FLUVIATILES ANCIENNES 34

(Description et classement des terrasses).

Répartition géographique et puissance.

LES ALLUVIONS RECENTES 35

Résumé de la série stratigraphique 35

Coupe stratigraphique 38

(à partir des trois sondages les plus représentatifs).

CHAPITRE VI SEDIMENTOLOGIE ET PALEOGEOGRAPHIE 41

PREMIER ETAGE 41

(Le remplissage s'est fait de façon essentiellement périphérique. On note cependant, dans la partie méridionale, une certaine tendance des torrents à confluer progressivement, En même temps, le bassin bascule doucement vers le Sud à mesure que le lac voit ses dimensions se réduire par évaporation).

DEUXIEME ETAGE 41

(Dans la première partie, on retrouve les conditions de dépôts calmes de la fin de l'étage précédent. Mais elles sont entrecoupées de soubressauts orogéniques qui annoncent une accélération soudaine du basculement vers le Sud. Celle-ci se produit au milieu de l'étage et correspond à l'apparition brutale des dépôts grossiers qui transgressent largement vers le Sud. L'apport reste, en partie périphérique, mais deux ou plusieurs estuaires se dessinent au Sud et au Sud-Ouest).

Pages

TROISIEME ETAGE 42

(A la suite d'un nouveau basculement, les sables quartzeux débordent vers le Nord. Une partie des matériaux provient des sédiments déjà déposés aux 1er et 2eme étages. L'apport est alors périphérique. L'autre partie provient directement du socle et l'apport, de caractère fluviatile, s'est fait surtout du Nord).

QUATRIEME ETAGE ET TERRASSES FLUVIATILES 43

(La base sableuse et instable correspond à un déplacement vers le Sud du bassin sédimentaire. Très vite, au dessus s'établit une sédimentation calme en milieu confiné et réducteur. Elle est interrompue périodiquement par le dépôt de terrasses fluviatiles).

Résumé du chapitre 44

Conclusion 45

(Au début de son histoire, la plaine du Forez se comporte comme les autres Limagnes. A partir du dépôt des 3ème et 4ème étages, la tectonique l'en sépare et elle poursuit une évolution bien différente : Les matériaux déjà déposés sont érodés, transportés et sédimentés à nouveau dans un bassin le plus souvent confiné).

CHAPITRE VII - VOLCANISME ET THERMALISME 47

(On trouve d'abord une description des différents types de volcans basaltiques. Leur influence directe sur les sédiments apparaît discrète et irrégulière. Vient ensuite une description des principales sources minérales. Leur rapport avec les basaltes est évident. Elles complètent, régularisent et élargissent l'action chimique des volcans sur les sédiments qu'elles imprègnent. Toutes ces manifestations sont localisées dans la moitié Sud Ouest de la plaine).

Tableau des sources 49

Résumé du chapitre 49

CHAPITRE VIII - AGES DES FORMATIONS 53

(énumération des différentes méthodes de datation : paléontologie palynologie, paléomagnétisme des basaltes. Aucune n'est suffisante en elle-même, mais leur emploi simultané a permis d'établir la chronologie suivante : 1er étage : stampien.
Le 2ème étage se termine à l'Aquitanien.
Le 3ème étage pourrait débuter avec le miocène.
Le dépôt du 4ème étage semble s'être prolongé assez loin dans le Miocène (Pontien ?).

Résumé du chapitre 54

CHAPITRE IX - ETUDE STRUCTURALE 57

1° LES MOYENS ET METHODES EMPLOYES POUR CETTE ETUDE 57

a/ Bibliographie (assez pauvre)

b/ Etude géologique (contacts anormaux des faciès)

c/ Etude géochimique (variations du Clarke)

d/ Etudes géophysiques (trop peu étendues)

e/ Etudes photogéologiques

f/ Etude morphologique régionale, (la plus utile puisqu'elle a permis de distinguer :
Les grands accidents majeurs ou régionaux.
Les accidents importants de la plaine.
Les accidents mineurs).

Pages

2° LES FAILLES ET LA TECTONIQUE 59

(On énumère d'abord rapidement les caractères généraux des failles de la plaine avant d'entreprendre la description des accidents les plus importants, groupés selon leurs directions.)

A - Les accidents de direction N5 à 15° Ouest 60

(Ce sont les accidents alpins, responsables de la surrection du FOREZ. On distingue 4 grandes structures majeures dont la plus importantes, le Rhegme de la Loire a servi de charnière à l'effondrement de la plaine.)

Les accidents N75 - 85° Est sont leurs complémentaires. Leurs effets ne semblent pas très importants 61

B - Les accidents de direction N40 - 45° Ouest 61

(Ce sont les accidents hercyniens qui ont rejoué lors de l'orogénie alpine. Ils ont imprimé aux deux extrémités de la plaine une déformation "en torsion" qui lui a donné sa direction actuelle.)

Les accidents N45 à 50° Est sont leurs complémentaires. Eux aussi aident à la torsion des extrémités de la plaine 62

C - Les accidents de direction N. 85 à 90° Ouest 62

(sont dûs à la résultante des efforts des deux groupes précédents. Ils partagent la plaine en quatre compartiments.)

Les accidents N. 15° Est à Nord-Sud sont leurs complémentaires 63

(Ils agissent avec les grandes failles alpines et souvent à leur place.)

D - Les accidents de direction N.25 à 30° Ouest 64

(sont également dûs aux efforts conjugués des deux grands premiers groupes, mais semblent être en relation plus étroite avec les structures hercyniennes).

E - Les accidents de direction N.30 à N.25° Est 65

(n'ont qu'un effet local dans la zone centrale de la plaine).

Résumé du chapitre 66

Conclusion 68

(On rappelle, en les coordonnant les effets des accidents des différents groupes).

3° ETUDE STRUCTURALE DE LA PLAINE 68

(On complète brièvement la description de la plaine commencée dans les trois premiers chapitres. La morphologie du bassin est l'aboutissement des phénomènes géologiques exposés dans les chapitres VI et IX).

CHAPITRE X - HISTOIRE DE LA PLAINE 73

(A l'aide de toutes les observations faites dans les chapitres précédents, il est maintepossible de reconstituer l'histoire de la formation de la plaine.)

Conclusion 75

(différence essentielle entre la plaine du FOREZ et l'ensemble des Limagnes).

(Une série de 5 plans illustre cette histoire de la plaine. Elle est complétée par un plan montrant l'évolution de l'effondrement suivant une même coupe passant par MONTROND 76

2ème PARTIE
L'URANIUM
DANS LA PLAINE DU FOREZ

Pages

CHAPITRE XI - DECOUVERTE DES INDICES 85

CHAPITRE XII - MISE AU POINT D'UNE METHODE DE VALORISATION 87

1/ La détection de l'Uranium 87

a/ Radiométrie en surface et en subsurface.

b/ Géochimie en surface et en subsurface.

c/ Emanométrie

2/ Importance de la connaissance des faciès lithologiques 89

3/ Mode opératoire 89

CHAPITRE XIII - RESULTATS OBTENUS 91

(Dix sept anomalies sont apparues dans la plaine, que l'on a pu classer en quatre groupes selon leur position stratigraphique.)

A - Anomalies situées dans les niveaux grossiers de la base du 1er étage 91

(2 anomalies peu importantes et situées au contact sédimentaire - cristallin).

B - Anomalies situées dans les niveaux à sédimentation calme du sommet du 1er étage .. 92

(6 anomalies dont deux semblent dignes d'intérêt).

C - Anomalies situées dans les niveaux argilo-sableux au sommet du 2ème étage 93

(3 anomalies provenant de minéralisations situées dans des sables sus-jacents.)

D - Anomalies situées dans le niveau argilo-sableux de la base du 4ème étage 93

(6 anomalies dont celle de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. Quatre autres peuvent indiquer des extensions du gisement).

E - Anomalies hydrogéochimiques non confirmées 95

(2 anomalies hydrogéochimiques n'ont pas été retrouvées dans les sols. L'une d'elles peut indiquer une extension du gîte de GREZIEUX-LE-FROMENTAL).

CHAPITRE XIV - L'URANIUM DANS LA SERIE STRATIGRAPHIQUE 97

On donne d'abord quelques généralités sur les différents groupes d'anomalies. Le premier groupe (base du 1er étage) semble peu important et peut être écarté. Les trois suivants semblent beaucoup plus intéressants, non seulement par leurs teneurs géochimiques et leur extension, mais encore par les caractères des niveaux auxquels ils semblent liés. J'ai discuté, dans la première partie de cette étude de l'origine des matériaux qui forment ces niveaux. S'il on établit un parallèle entre la présence du métal et l'origine de ces matériaux, on arrive aux conclusions suivantes :

a/ Premier dépôt d'Uranium au sommet du premier étage 97

b/ Erosion d'une partie de ces niveaux sédimentaires minéralisés 98

Pages

c/ Dépôt de la première fraction érodée de cet uranium dans les sédiments du troisième étage, (en meme temps qu'un apport à partir du socle 98

d/ Erosion simultanée des niveaux sédimentaires minéralisés du premier et du troisième étages 98

e/ Dépôt de la base du quatrième étage. Mise en place dans ces niveaux de l'Uranium arraché simultanément aux sédiments et au socle 98

(L'histoire de l'Uranium dans la plaine du FOREZ peu ainsi être résumée dans ces cinq titres).

CHAPITRE XV - INTERET DES ANOMALIES GEOCHIMIQUES 101

1/ Quatrième groupe (base du 4ème étage) 101

(Presque toutes les anomalies de ce groupe doivent correspondre à des extensions possibles du gisements de GREZIEUX).

2/ Troisième groupe (sommet du 2ème étage) 101

(On trouve là une disposition analogue à celle de GREZIEUX, mais à laquelle il manque les conditions de conservation observées sur ce gisement).

3/ Deuxième groupe (sommet du 1er étage) 102

(On connait beaucoup moins ce groupe puisqu'on n'a jamais vu de minéralisation en place. Il ne semble plus faire de doute que des gites aient existé dans ces niveaux, mais tout reste lié aux possibilités qu'on eut ces gites de se conserver).

1ère PARTIE

GÉOLOGIE DE LA PLAINE DU FOREZ

(MASSIF CENTRAL FRANÇAIS)

CHAPITRE I

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

On sait que le horst granitique des MONTS DU FOREZ et de la MONTAGNE BOURBONNAISE sépare les grands effondrements tertiaires du Nord-Est du Massif Central en deux séries de Limagnes : celles de l'Allier à l'Ouest et celles de la Loire à l'Est. D'autre part, sa direction générale Nord 15° Ouest régit en grande partie la géographie de ces plaines d'effondrement.

On peut distinguer deux Limagnes de Loire importantes :

La plaine de ROANNE, au Nord, semble ouverte vers le Nord-Nord-Ouest où elle rejoint la Limagne d'Allier dans la région Sud de DOMPIERRE-SUR-BESBRE.

La plaine du FOREZ, au Sud de la précédente, est fermée, de forme elliptique, allongée selon N25 Ouest suivant le cours de la Loire. Elle est entourée de reliefs plus ou moins accusés et ses limites sont assez nettes. Sa superficie est de 760 km² (40 km Nord-Sud et 23 km Est-Ouest). A première vue, la topographie de la plaine est très molle, à peine interrompue dans sa partie Sud par quelques buttes volcaniques. La côte moyenne d'altitude se situe aux environs de 350 m (370 m au Sud et 320 m au Nord). Le point le plus haut, à 542 m, correspond à une des buttes volcaniques. Les contrastes de ce relief mou avec les hauteurs encaissantes ont lieu vers 400 m. Cependant, un examen plus approfondi laisse entrevoir un modelé assez caractéristique. En effet, si l'on traverse la plaine d'Est en Ouest, en son centre, on s'aperçoit qu'un bombement en occupe le milieu depuis la pointe NNO jusqu'à la pointe SSE. Ce bombement, de faible amplitude, sépare deux dépressions. La dépression Orientale est suivie par le cours actuel de la Loire. La dépression Occidentale marque un changement de direction des rivières qui la traversent.

D'autre part, s'il on suit la plaine du Nord vers le Sud, on remarque que les trois plus grandes vallées transversales sont assymétriques. Il faut descendre une marche pour les aborder en venant du Nord, alors qu'au Sud le relief est beaucoup plus mou. Ces trois grandes vallées, de direction Est-Ouest, sont, du Nord vers le Sud :

- La Vallée de l'AIX, qui aborde la plaine à ST GERMAIN LAVAL.
- La Vallée du LIGNON, qui aborde la plaine à BOEN S/LIGNON.
- La Vallée de la CURAIZE, qui passe à PRECIEUX.

Ces 3 vallées assymétriques semblent donc découper la plaine dans le sens NNO - SSE en quatre compartiments de plus en plus enfoncés vers le Sud-Sud-Est.

La plaine du FOREZ est limitée :

à l'Ouest par les MONTS DU FOREZ.

au Sud par une avancée de ceux-ci vers l'Est jusqu'à leur rencontre avec le massif du PILAT.

à l'Est par les MONTS DU LYONNAIS et du ROANNAIS.

au Nord par un seuil assez étroit qui la sépare de la plaine de ROANNE. C'est le seuil de NEULIZE.

• Les MONTS DU FOREZ constituent un grand horst de direction générale Nord 15° Ouest. Il est formé de granites, de roches cristallophylliennes et de lambeaux Dévoniens. Il domine largement la plaine du FOREZ puisque l'altitude moyenne de la crête est de 1200 m. PIERRE-SUR-HAUTE culmine à 1640 m. Le versant Est tombe rapidement jusqu'aux sédiments. La rupture de pente entre les deux formations est nette, mais non rectiligne. Elle forme une série de golfes et de caps. Les

LES LIMAGNES

SITUATION DE LA PLAINE DU FOREZ

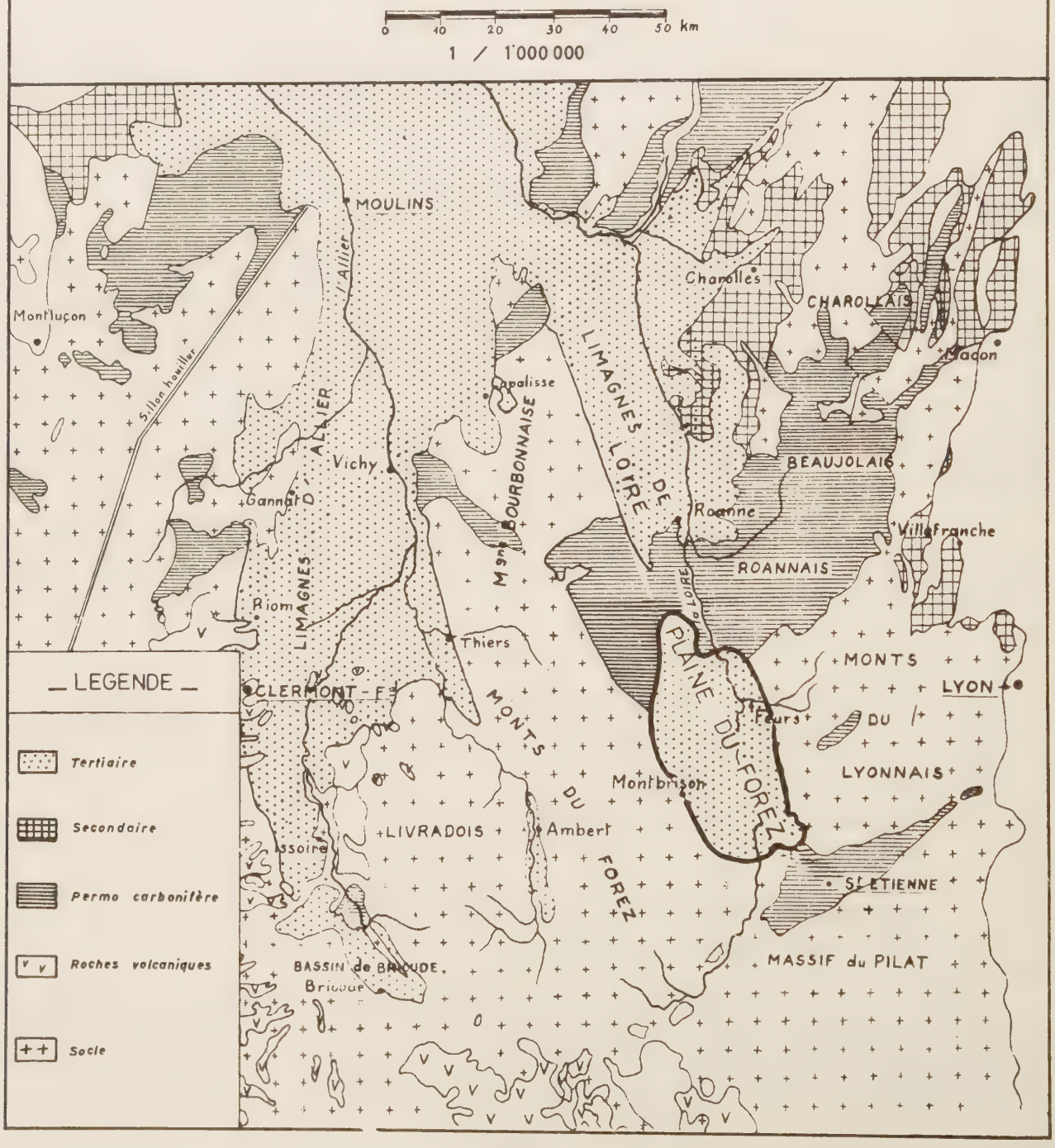


Fig. 1

rivières qui dévalent le long de ce versant l'entaillent profondèment et sont presque toutes parallèles, ce qui suggère des tracés d'origine tectonique. Lorsque ces vallées abordent la plaine, elles tournent presque toutes vers le Sud-Sud-Est de façon assez brutale ; certaines mêmes prennent alors un parcours Nord-Sud. Elles se redressent vers l'Est en traversant la dépression occidentale. Une fois passée cette dépression, elles remontent vers le Nord-Ouest jusqu'à leur confluent avec la Loire. Ce dernier parcours, vers le Nord-Ouest n'est d'ailleurs pas général et pour beaucoup d'entre-elles il est formé de tronçon Nord-Sud se relayant avec des tronçons Nord-Ouest.

• Au Sud de la plaine, une branche se détache des MONTS DU FOREZ et s'incurve vers l'Est. Les directions principales qui étaient N15° à 20° Ouest deviennent Nord-Ouest - Sud-Est. Le relief est beaucoup moins accentué et l'altitude maximum des terrains granitiques est de l'ordre de 700 à 800 m. Les vallées qui descendent de ces hauteurs ont une direction générale N65 Est. Lorsqu'elles abordent la plaine, cette direction s'infléchit vers le Nord-Nord-Est avec même des tronçons Sud-Nord.

• A l'Est de la plaine, les MONTS DU LYONNAIS et du ROANNAIS forment une barrière moins haute que celle des MONTS DU FOREZ puisque les altitudes maxima s'établissent entre 700 et 900 m. Malgré tout, la limite entre ces formations cristallines et les terrains sédimentaires de la plaine est plus franche qu'à l'Ouest. Elle est formée d'une succession de lignes droites Nord-Sud, formant des tronçons décalés en général par les grandes vallées. Les rivières qui descendent de ces hauteurs coulent directement jusqu'à la Loire, selon des directions Est-Ouest. Seule la COIZE entre ST GALMIER et MONTROND-LES-BAINS, coule vers le Nord-Ouest.

Entre la limite granitique Sud et les MONTS DU LYONNAIS, la plaine touche au bassin houiller de ST ETIENNE. Les deux formations se relèvent de part et d'autre d'un petit seuil formé de micaschistes. La base du tertiaire est transgressive à la fois sur le micaschiste et sur la brèche de base du Stéphanien dite "Brèche de la Fouillouse".

• Dans toute sa partie Nord et Nord-Est, la plaine du FOREZ est séparée de celle de ROANNE par le seuil de NEULIZE. Ce dernier est formé de microgranites, de tufs rhyolitiques et de schistes plus ou moins granitisés. Sa largeur minimum est d'une dizaine de kilomètres. Son altitude moyenne est de 400 à 600 mètres. Il domine donc peu la plaine, mais, au contact avec la partie Nord-Est de cette dernière on observe une série de failles de régime Nord-Ouest.

• La Loire traverse toute la plaine, depuis ST RAMBERT jusqu'à BALBIGNY selon une direction N10° Est. Aux approches de la limite Nord-Est de la plaine, elle prend une direction Nord-Ouest qu'elle suit pendant toute la traversée du seuil viséen jusqu'à la plaine de ROANNE ou elle reprend la direction Nord 10° Ouest. En fait, ce ne sont que des directions très générales car, dans le détail, elle forme une succession de tronçons rectilignes de direction NE à NO. Ces tronçons, qui se raccordent à angles vifs reflètent les directions des fractures du pourtour de la plaine. On peut dire que le cours de la Loire est régi par la tectonique du bassin.

En résumé, la plaine du FOREZ est une des deux plus importantes Limagnes de Loire. C'est un bassin fermé de 760 km², allongé selon NNO - SSE sur une quarantaine de kilomètres. Le relief est mou (altitude moyenne comprise entre 320 et 370 m) interrompu par des pointements basaltiques dont le plus important est le système des MONTS D'UZORE qui culminent à 542 m.

Elle est limitée :

A l'Ouest, par les MONTS DU FOREZ, horst granitique et cristallophyllien dont l'altitude moyenne est comprise entre 1200 et 1600 mètres.

Au Sud, par une branche qui se détache du FOREZ vers le S.E. jusqu'au Massif du PILAT. L'altitude de cette formation granitique est comprise entre 700 et 800 mètres.

A l'Est, par les MONTS DU LYONNAIS et du ROANNAIS, barrière moins haute que le FOREZ (entre 500 et 900 m), mais qui tombe cependant de façon plus abrupte sur la plaine.

Au Nord, par le seuil de NEULIZE, large de 10 km au moins et qui la sépare de la plaine de ROANNE. Le relief est rajeuni par la percée de la Loire, mais les altitudes n'excèdent pas 400 à 600 mètres.

Dans le sens Nord-Sud, la plaine est divisée en quatre compartiments de plus en plus enfoncés vers le Sud. Ils sont séparés par des marches soulignées par des rivières E.O.

CHAPITRE II

HISTORIQUE

D'assez nombreuses études ont été faites dans la plaine du FOREZ. Malheureusement, la plupart ont été très locales ou très particulières. Par contre, très peu d'auteurs en ont tenté une synthèse structurale.

Très anciennement, FOURNET avait émis l'hypothèse que les terrains carbonifères de ST ETIENNE et de SAINTE-FOY-L'ARGENTIERE se poursuivaient sous les sédiments tertiaires. Je ne possède pas de références bibliographiques sur ce fait, signalé plus tard par F. LAUR (1882).

Le premier essai de synthèse général a été fait par GRUNER en 1857 et 1859.

Pour cet auteur, le remplissage est le même pour la plaine du FOREZ et pour la plaine de ROANNE. Les mêmes couches se poursuivent et se retrouvent dans l'un et l'autre bassin. L'ensemble plonge faiblement et régulièrement vers le Nord de telle sorte que "la Loire baigne constamment le même horizon", aussi bien au Sud de MONTROND-LES-BAINS qu'au Nord de ROANNE.

D'autre part, GRUNER divise l'ensemble des sédiments en trois étages. Le plus haut dans la série date du Miocène supérieur. Il déborde les limites des autres étages et affleure actuellement le long des bordures de la plaine. Les étages sous-jacents sont du Miocène inférieur. Ils apparaissent dans la partie centrale du bassin grâce à l'érosion.

Enfin, il signale qu'une espèce fossile seulement a été trouvée : Cypris Faba, en très petits exemplaires. Ce fossile, peu caractéristique semble surtout abondant au milieu de l'étage moyen.

En 1879, P. MORTIER reprend l'étude de la plaine. Il décrit quelques coupes interressantes, malheureusement isolées les unes des autres et assez localisées dans la région de MONTROND-LES-BAINS. Il arrive néanmoins à montrer que la pente faible vers le Nord des couches n'est pas constante et qu'il existe un "replanissement" un peu au Nord de MONTROND-LES-BAINS. Il n'ose conclure catégoriquement que ce changement d'allure pourrait indiquer un fond de cuvette.

Il laisse cependant entrevoir que c'est l'étage inférieur qui affleure sur les bordures de la plaine et l'étage supérieur au centre.

En outre, il signale la découverte, par M. MAYENCON, d'une plaque de grès calcaires à Potamides et de restes de tortues. Ces grès calcaires se trouvent dans les niveaux à Cypris Faba abondants.

Enfin, il risque quelques précisions quant aux puissances des étages. Mais il reste bien au dessous de la vérité puisque sa coupe indique une épaisseur totale d'environ 200 mètres près de MONTROND, alors qu'un sondage ultérieur n'en sera pas sorti à 500 mètres de profondeur.

En 1882, F. LAUR, promoteur de ce sondage de MONTROND-LES-BAINS, reprend à la fois les idées de FOURNET quant à la possibilité d'existence de Houiller sous les dépôts tertiaires, de GRUNER, quant à la constitution du bassin, de MORTIER quant à l'épaisseur des terrains tertiaires.

Le sondage, primitivement prévu pour des recherches de houille fut arrêté à 502 mètres, toujours dans le tertiaire. A défaut de charbon, il avait trouvé une source bicarbonatée sodique fort intéressante.

En 1882, GRUNER fait une note sur ce sondage. Il y réfute la possibilité d'existence du stéphanien au dessous de la côte atteinte par la forage. Malgré les précisions apportées à la série stratigraphique par la coupe de MONTROND, il ne modifie pas son schéma général de la plaine.

Il faut attendre 1889 pour voir une nouvelle interprétation du bassin. A cette date, en effet, paraît la première édition de la feuille de MONTBRISON de la carte géologique détaillée de la France.

Cette feuille est due à LE VERRIER qui publie en outre une note très importante sur les formations géologiques du ROANNAIS et du FOREZ.

Pour cet auteur, les sédiments tertiaires peuvent être divisés en quatre étages qui sont :

Un premier étage ou étage des sables feldspathiques.

Un deuxième étage ou étage des calcaires et grès de VEAUCHE.

Un troisième étage ou étage des sables fins.

Un quatrième étage ou étage des marnes grises.

C'est dans les calcaires du deuxième étage qu'a été trouvée la plaque à Potamides. DOUVILLE y a identifié Potamides Lamarcki, fossile considéré actuellement comme caractéristique du Stampien. Or, LE VERRIER le situe dans l'Aquitanien et généralise cette découverte au point de parler de "niveaux à Potamides" dans la notice de la feuille de MONTBRISON. Cette généralisation sera d'ailleurs conservée dans l'édition de 1941, mais ces niveaux y seront replacés dans le Stampien. C'est dans le quatrième étage, (Marnes de MONTROND-LES-BAINS) que se situe le niveau à Cypris Faba abondante. LE VERRIER reconnaît que ce fossile est peu caractéristique, mais permet cependant de placer le niveau dans le Miocène sans plus de précision. Or, dans l'hypothèse de GRUNER, il était situé au milieu de l'étage moyen.

L'ordre est donc inversé, comme l'avait laissé entrevoir la description de la coupe de la Loire par P. MORTIER. Les marnes grises de MONTROND qui occupent le centre de la plaine reposent donc au dessus des grès et calcaires de VEAUCHE qui affleurent plus au Sud.

Ceci concorde beaucoup mieux avec la structure du bassin qu'indique LE VERRIER. Pour lui, il s'agit d'une structure "en cuvette" dans laquelle les différents étages s'emboitent les uns dans les autres à la façon d'un empilement d'assiettes. Ainsi, c'est l'étage inférieur qui affleure sur le pourtour de la plaine et l'étage supérieur qui en occupe le centre.

Par contre, il constate une assymétrie nette du bassin : il observe en effet "un relèvement des terrains inférieurs sur toute la bordure occidentale. Du côté Est, au contraire, les assises forment des ellipses tronquées". Il attribue cette assymétrie à une faille qui coupe la plaine le long de sa bordure Est.

Il pressent également quelques autres failles dont la plus importante serait une structure N15° Ouest "située dans le prolongement du grand défilé de la Loire".

Comme on le verra, la grande faille Est ainsi que la structure de la Loire semblent parfaitement exactes.

Actuellement, ce schéma reste valable dans ses grandes lignes. Aucune étude générale du bassin n'a d'ailleurs été entreprise depuis. La deuxième édition de la carte géologique, en 1941 conserve tous ces grands traits de la géologie. Les quelques modifications apportées ne concernent que des questions de détail.

Cependant, plusieurs études plus locales ont été faites.

Les plus importantes sont celles de Ph. GLANGEAUD. De 1910 à 1914, dans une série de notes brèves et concises, cet auteur trace un remarquable schéma descriptif de la morphologie du versant Est des Monts du FOREZ et de la bordure Occidentale de la plaine. Appliquant les méthodes qu'il a mises au point en Auvergne, il reconstitue les différentes surfaces d'érosion du versant Forézien : il distingue une surface anté-oligocène, une surface aquitanienne, des surfaces miocènes et le creusement Ponto-pliocène.

De plus, il décrit, au pied de ce même versant des placages de cailloutis, qu'il identifie comme les témoins d'une ancienne couverture sédimentaire. Il baptise cet ensemble la "Cuirasse Forézienne", preuve indiscutable d'un relèvement des sédiments tertiaires au cours des diverses phases de l'orogénie Alpine.

L'ensemble de ces travaux est fort bien résumé dans un article de Louis GLANGEAUD et Cl. BOBIER en 1959. Ces auteurs reprennent, d'une part les idées et découvertes de Ph. GLANGEAUD et font intervenir d'autre part les méthodes et données du paléo-magnétisme. En comparant avec des phénomènes identiques bien datés en Auvergne, ils arrivent à donner la chronologie suivante des volcans qui affectent la partie Sud-Ouest de la plaine.

"c/ Une première phase de tension fait rejouer des failles de direction hercynienne (NW et NE) ; elle déclenche des éruptions volcaniques avec projections, dykes et coulées basaltiques inter-

calées dans l'Oligocène supérieur.

"d/ à l'Aquitanien, comme en Auvergne, le remblaiement de la plaine et la subsidence sont fortement ralentis ou arrêtés. Une bordure pénéplanée entame alors le horst du FOREZ (surface aquitanienne).

"e/ Les phases éruptives reprennent au Miocène inférieur avec des jeux locaux de failles de direction NS. L'érosion continue à agir sur le flanc oriental du Forez en donnant des surfaces miocènes emboitées.

"f/ au Pontien, la répartition des cycles d'érosion pontopliocène et leur rapport avec les éruptions du haut Lignon fait supposer qu'une déformation a séparé à ce moment le massif du FOREZ de celui du BOIS-NOIR. Cette déformation oblique par rapport à l'axe FOREZ-BOIS-NOIR est probablement responsable de la dépression de NOIRETABLE.

"g/ Le parallélisme existant entre les déformations de cette région et celles des autres parties du Massif Central avait permis de supposer l'existence de phénomènes d'ensemble agissant au même moment sur toutes les régions péri-alpines. Les données nouvelles fournies par le paléomagnétisme apportent des arguments supplémentaires en faveur de ce synchronisme morphotectonique périalpin.

En combinant ainsi les études stratigraphiques, morphotectoniques, paléovolcanologiques, pétrographiques et paléomagnétiques, on peut faire progresser l'étude des déformations crustales périalpines et en chercher les causes géophysiques."

Ces conclusions m'ont aidé, en grande partie à établir la chronologie de l'histoire de la plaine.

Enfin, différents auteurs ont étudié des détails très particuliers : Plusieurs portent sur la composition des sources ou sur l'existence toujours problématique du Stéphanien sous les sédiments.

CHAPITRE III

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES BORDURES

On verra tout d'abord la bordure occidentale du Nord au Sud, puis la bordure Sud, enfin la bordure Est et l'on terminera par les bordures Nord-Est et Nord.

Dans l'ensemble, le tracé de la BORDURE OUEST n'est pas régulier, il est hésitant, zigzaguant et souvent masqué par des éboulis de pente récents. Cependant, de petits tronçons rectilignes montrent qu'il y a quelquefois des failles, mais de peu de longueur. Pour l'ensemble de cette bordure Ouest, il semble bien que le cristallin s'ennoie sous les terrains sédimentaires et que de temps à autre une faille parallèle à la limite du bassin accèlère cet ennoyage. D'autres accidents, perpendiculaires ou obliques décrochent le contact.

De ST GERMAIN LAVAL à BOEN, deux failles N10 Est et N10 Ouest rendent plus rapide l'ennoyage du socle. Ce dernier est représenté par des microgranites Viséens.

De BOEN à MONTBRISON, les sédiments reposent sur des granites d'anatexie et des migmatites. Le contact n'est pas faillé, mais des accidents transversaux le décallent. Toute cette zone est jalonnée par de nombreux pointements basaltiques.

De MONTBRISON à ST MARCELLIN, le contact est formé par une série de tronçons assez bien alignés. Ils font penser qu'une faille aide à l'enfoncement des sédiments. Mais cette faille est sans doute de faible importance puisqu'une série de golfes et de caps affecte la limite. D'autre part, le granite affleure dans le fond des vallées assez encaissées, alors que le sédimentaire repose sur les croupes séparant ces vallées. Cependant, la direction Nord 25° Ouest à N30° Ouest de la limite, entre MONTBRISON et ST MARCELLIN, est parallèle à celle des grandes failles qui affectent le FOREZ à cet endroit. Dans cette zone le socle est toujours formé de granite d'anataxie, mais cette fois traversé par de nombreux filons de granite à grain fin et de granite à deux micas. Ce dernier forme même de petits massifs.

Le long de l'ensemble de cette limite Ouest les premiers affleurements de sédimentaire que l'on voit sont des affleurements d'argile rouge très sableuse avec nombreux petits galets de quartz et de granite, dont les dimensions varient de 0,5 à 5 cm de moyenne. Ce faciès rouge dit de "bordure" s'étend rarement à plus d'un kilomètre de la limite, sauf entre ST GERMAIN LAVAL et BOEN S/LIGNON ou il affleure encore à deux kilomètres de la bordure.

Quelques uns des volcans, très abondants au Nord-Ouest de MONTBRISON ont protégé de l'érosion des grès grossiers verts et rouges, assez puissants. Ces formations remontent alors plus haut sur le versant granitique du FOREZ. Les rivières y ont creusé des vallées profondes et très encaissées, en forme de Canyons que l'on appelle les "crases".

Sur toute la BORDURE SUD de la plaine, les terrains cristallins formés de granite et granite à deux micas s'ennoient régulièrement sous les terrains sédimentaires. On n'observe pratiquement pas d'action tectonique sur cet ennoyage, bien que plusieurs failles parallèles au contact soient visibles. Dans le lit de la Loire, une faille Nord-Sud affecte la limite sédimentaire cristallin. Le compartiment Est est décalé de près de 4 km vers le Nord par rapport au compartiment Ouest. Dans l'angle Sud-Est, les terrains sédimentaires tertiaires sont localement séparés des terrains stéphaniens du bassin houiller de ST ETIENNE, par un seuil discret de micaschistes qui affleurent peu et que l'on voit seulement dans la tranchée de la route de ST ETIENNE à FEURS. Ailleurs, les sédiments tertiaires reposent directement sur la brèche de base de la FOUILLOUSE. Dans l'ensemble de cette limite Sud, les terrains sédimentaires que l'on trouve tout près du cristallin sont encore des argiles très sableuses rouges à galets et quelquefois des grès. Cependant, dans la région d'ANDREZIEUX, au contact avec le seuil de micaschistes, affleure une roche sableuse, mieux classée et mieux consolidée.

Au contraire des précédentes, la BORDURE EST est très certainement faillée. Elle est, en gros, rectiligne et de direction Nord 5° Ouest sur plus de 20 kilomètres de la FOUILLOUSE à VALEILLES. Dans le détail, on distingue une série de tronçons rectilignes Nord-Sud, décalés par des accidents obliques de régime Nord-Est. Les MONTS DU LYONNAIS sont formés de roches cristallophylliennes recoupées par les massifs de granites intrusifs comme ceux de ST HEAND et de ST LAURENT-DE-CHAMOUSSET. Les roches sédimentaires qui affleurent le long de la faille sont plus variées que celles des autres bordures. Au Sud, on retrouve les argiles sableuses grossières rougeâtres. Elles passent dans la région de ST GALMIER à des calcaires, des sables argileux et des argiles sableuses rouges et vertes, puis à des sables quartzeux. Enfin, de BELLEGARDE à VALEILLES on note des argiles et des marnes vertes.

La BORDURE NORD-EST est indentique à la bordure Est dans la mesure où elle est faillée et montre une succession de tronçons rectilignes. Mais, ces tronçons ne sont pas parallèles. Ils décrivent un grand arc ouvert vers le Sud-Ouest de direction générale N 40 Ouest.

Tout à fait au NORD, dans la région de la Forêt de BAS, les terrains sédimentaires reposent à nouveau sur le cristallin qui s'ennoie régulièrement. Dans toute cette région, les roches du socle sont très diverses : microgranites analogues à ceux de ST GERMAIN LAVAL à BOEN, tufs microgranitiques anthracifères, schistes et poudingues. Toutes ces roches datent du viséen moyen et supérieur et sont plus ou moins granitisées. Pour les roches sédimentaires, on retrouve les marnes vertes de VALEILLES à SALT-EN-DONZY. Plus au Nord, jusqu'à POUILLY-Lès-FEURS affleurent des sables quartzeux assez bien calibrés, peu argileux. Au Nord, encore affleurent des sables argileux plus grossiers analogues à ceux de la région de ST GALMIER. Au Nord-Ouest de BALBIGNY, on retrouve les sables quartzeux. Enfin, dans toute la partie Nord réapparaissent les argiles sableuses rouges à galets.

Sur le socle, de part et d'autre de la plaine, on trouve des petits lambeaux sédimentaires signalés par différents auteurs. A l'Ouest, ils sont toujours proches du contact et on y voit une grande quantité de galets souvent assez gros et anguleux. Avec les lambeaux de grès grossiers protégés par les coulées basaltiques, ils forment ce que Ph. GLANGEAUD a appelé la "Cuirasse" du FOREZ. A l'Est, au contraire, sur les MONTS DU LYONNAIS, les lambeaux sont formés d'argiles sableuses plus fines. Ces derniers s'éloignent beaucoup plus du contact actuel puisque LEVERRIER en signale à plus de 10 km à l'Est.

En conclusion, ces lambeaux, ainsi que la disposition des faciès qui affleurent aux bordures semblent montrer que la plaine a du être beaucoup plus étendue qu'elle ne l'est maintenant, surtout à l'Est. Elle a du être coupée par les failles des bordures Est et NE.

<u>En résumé</u>, les contacts Nord, Ouest et Sud semblent peu faillés et le socle s'y ennoie assez régulièrement sous les sédiments. Les premiers affleurements sédimentaires sont presque toujours des argiles rougeâtres sableuses à petits galets anguleux. Ces argiles passent quelquefois à des grés. Au contraire, les contacts Est et Nord-Est sont faillés et les sédiments qui buttent le long de ces failles sont plus variés. Les faciès qui affleurent se retrouvent selon une certaine symétrie. Au deux extrémités, Nord et Sud, on retrouve les mêmes argiles sableuses grossières. En allant vers le centre, aussi bien du Nord que du Sud, on traverse des sables argileux verts et rouges, ainsi que des grés, puis des sables quartzeux. Enfin, au centre, se trouve un large affleurement de marnes et d'argiles vertes.

Enfin de part et d'autre de la plaine, on retrouve sur le socle des lambeaux de terrains sédimentaires. A l'Ouest, ils sont plus grossiers et s'éloignent peu de la limite actuelle. A l'Est, au contraire, ils sont plus fins et on en signale à plus de 10 kms du contact.

Il semble donc que la plaine ait été plus étendue qu'elle ne l'est maintenant, surtout vers l'Est. Elle a du être coupée par les failles des contacts Est et Nord-Est.

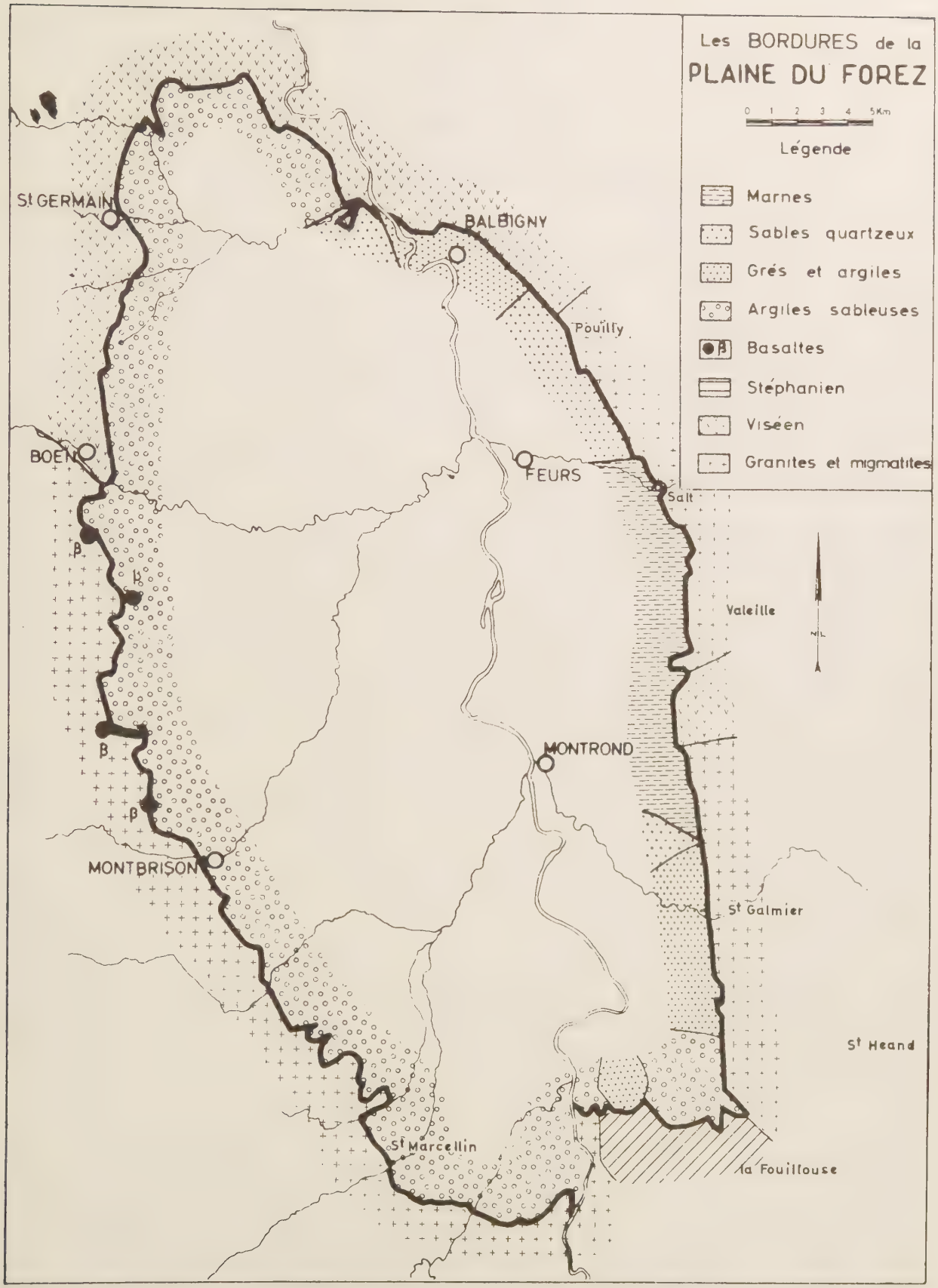

Les BORDURES de la
PLAINE DU FOREZ
0 1 2 3 4 5Km
Légende
Marnes
Sables quartzeux
Grés et argiles
Argiles sableuses
Basaltes
Stéphanien
Viséen
Granites et migmatites
St GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand
St Marcellin
la Fouillouse
β

Fig. 2

CHAPITRE IV

DESCRIPTION DE DEUX COUPES GÉOLOGIQUES

La description de deux coupes géologiques va maintenant complèter la présentation de la plaine. Il s'agit là d'une description assez détaillée des divers faciès et accidents traversés par ces coupes, une synthèse générale de tous ces renseignements est donnée à la fin du chapître.

La première coupe, d'Ouest en Est va de MARCILLY-LE-PAVE à VALEILLES (c'est la coupe EF sur la carte géologique au 1/50.000).

La deuxième, au Nord-Nord-Ouest au Sud-Sud-Est va de ST PAUL-DE-VEZELIN à ST RAMBERT (c'est la coupe AB sur la carte géologique).

La première part du flanc Est du FOREZ, granitique, qui tombe de façon assez abrupte sur le contact. Ce dernier est masqué par un pointement basaltique sur lequel est construit le chateau de MARCILLY. De ce pointement il reste surtout des éboulis, mais sur le flanc Sud-Ouest on peut voir de très belles orgues. Cette coulée a protégé de l'érosion les terrains sédimentaires sous-jacents qui forment une butte à cet endroit. Cette butte est constituée par des argiles sableuses rouges pouvant servir d'argiles à tuile. Plus loin vers l'Est, on descend pour traverser la dépression occidentale. Des affleurements artificiels à la tarière montrent des argiles sableuses beiges à grises que l'on suit jusqu'au pied des MONTS D'UZORE. Ceux-ci culminent à 540 mètres grâce à la présence de plusieurs gros filons de basaltes qui ont protégé les terrains sédimentaires de l'érosion. Le filon principal a une puissance de 5 à 20 mètres. Son pendage subvertical oscille entre 80° Ouest et 80° Est. Il a recoupé, sans les déranger les assises sédimentaires qui conservent leurs horizontalité. Il s'agit de bancs de grès grossiers, mal classés, à stratifications entrecroisées ou obliques. Leur teinte est claire à l'exception de quelques lits plus argileux rouge brique ou verts. L'ensemble a une direction Nord 30° Est à l'endroit où le traverse la coupe, mais la direction générale est Nord 5 à 10° Est. Ces directions sont évidemment celles des filons eux-mêmes.

Après avoir traversé ces formations on redescend à l'Est dans une légère dépression occupée par de nombreux étangs. Là, sur près de 3 km, on retrouve à nouveau les argiles sableuses gris beige à verdâtre. Cette zone déprimée est bordée à l'Est par le VIZEZY, dont la vallée rectiligne coule du Sud au Nord sur 4 kilomètres. Cette vallée est assymétrique et le versant Est domine l'autre d'une dizaine de mètres.

La rivière suit donc le tracé d'une faille Nord-Sud. A l'Est de cette faille et sur près d'un kilomètre, affleurent à nouveau les argiles sableuses beiges et grises dans lesquelles sont intercalées d'autres lits d'argiles sableuses de teinte beaucoup plus vive, rouges et vertes. Ces dernières rappellent celles qui sont interstratifiées dans les grès des MONTS D'UZORE. Si l'on admet un léger pendage Est, tout à fait normal dans cette partie de la plaine, il s'agit du même niveau.

Plus à l'Est, et sur 1 kilomètre, jusqu'au village de CHAMBEON, affleurent des terrains plus sableux, quartzeux, aux grains mieux classés et plus arrondis.

A l'Est du village, une rupture de pente de direction N 10° à 15° Est annonce le lit de la Loire. En bas de la pente on trouve une argile verte, très plastique interstratifiée dans des argiles sableuses vertes. Elle forme une bande étroite, vite recouverte par les alluvions de la Loire.

Ces alluvions sont formées de sables très fins, argileux limoneux et très micacés qu'on appelle les Chambons dans toute la région à cause de leur fertilité. Il s'agit là de véritables limons déposés à chaque crue de la Loire. De l'autre côté du lit du fleuve, on trouve des terrasses à galets. Ce sont de véritables terrasses fluviatiles, à sable fin non argileux avec des galets arrondis de tailles variables pouvant dépasser 20 cm. Ils sont formés en majeure partie de quartz et de basaltes et, pour une plus faible part de granites à biotite ou à deux micas.

A 2 km environ à l'Est de la Loire, le flat est limité par une nouvelle rupture de pente. On y retrouve des argiles vertes, très fines. Au dessus vient une nouvelle série de terrasses, plus hautes que celles du flat et dans lesquelles le basalte est moins abondant.

Plus à l'Est, et presque jusqu'à la bordure Est, on retrouve les argiles sableuses beiges, grises et vertes. On sait maintenant qu'elles sont le terme commun à tous les horizons de la série stratigraphique. Juste en arrivant à VALEILLES, au contact même avec le cristallin se retrouvent les argiles et marnes plastiques vertes.

En conclusion, cette coupe traverse à peu près tous les horizons de la série sédimentaire de la plaine. En effet, d'Ouest en Est, c'est-à-dire du bas vers le haut, on a un grand développement d'argiles sableuses feldspathiques, puis des grès avec des intercalations d'argiles sableuses rouges et vertes, puis une petite zone sableuse, et enfin un assez grand développement de marnes et d'argiles vertes.

Cependant, pas plus qu'aucune autre coupe elle ne permet de recouper toutes les formations. Ainsi, deux autres transversales permettent de voir les calcaires : l'une plus au Nord par ARTHUN, l'autre, plus au Sud, passe par MONTBRISON et BELLEGARDE. Dans les deux, toujours en allant d'Ouest en Est, avant d'atteindre la zone à argiles rouges et vertes correspondant aux grès des MONTS D'UZORE, la partie supérieure de la série feldspathique devient calcaire.

Dans la coupe Nord, à 2 km à l'Est d'ARTHUN, il s'agit de marnes ou d'argiles à filonnets de calcite, alors que dans la coupe Sud, à 3 ou 4 km à l'Est de MONTBRISON, il s'agit de petits bancs de 1 à 2 m de puissance de calcaires marneux.

La coupe longitudinale part du village de ST PAUL DE VEZELIN au Nord, dans les microgranites et tufs rhyolitiques du Viséen. Un peu au Sud du village, au sommet du versant Sud d'une petite vallée transversale, les premiers affleurements de sédimentaire reposent sur le socle. Sur 3 km environ affleurent des argiles sableuses rouges, puis beiges, analogues à celles de la bordure Ouest. On arrive à la vallée de l'Aix dont les deux flancs sont assymétriques. Le versant Nord est abrupt, le versant Sud plus doux. Sur ce dernier, après des alluvions et des terrasses assez discrètes apparaissent des sables quartzeux plus ou moins argileux. Ces couches sont assez claires et montrent des intercalations de sables quartzeux analogues à ceux de CHAMBEON.

Les argiles très sableuses rouges et vertes vues dans la coupe transversale manquent. Cependant, un peu plus à l'Est, la construction du pont de BALBIGNY avait permis à LEVERRIER d'observer des grès rouges mal consolidés. Ce sont l'équivalent des grès des MONTS D'UZORE.

Plus au Sud, et sur près de 7 km, les mêmes couches sableuses affleurent jusqu'à la vallée du Lignon. Là, les escarpements qui encadrent, de part et d'autre, la vallée font penser que celle-ci est faillée des deux côtés. Le petit fossé d'effondrement dans lequel coule la rivière fait environ 1 km de large. Il est occupé par des alluvions récentes analogues aux chambons de la Loire. De part et d'autre de ce fossé, on a, au Nord et au Sud des deux failles bordières, un assez grand développement de terrasses à galets. Plus au Sud, à l'Ouest de CHAMBEON, on croise la coupe décrite précédemment, en passant au contact des argiles gréso-sableuses à teintes vives et de la formation sableuse. On suit ce contact, peu visible, sur 3 km environ, c'est-à-dire jusqu'à l'Ouest de MAGNEUX-HAUTERIVE où apparaissent sans transition les argiles et marnes vertes. Celles-ci affleurent sur plus de 8 km. C'est la zone du gisement de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. On arrive alors à la grande vallée rectiligne de la MARE, dans la région de l'HOPITAL-LE-GRAND. Cette vallée assymétrique où l'on trouve de nombreuses résurgences gazeuses est très certainement faillée. En effet, outre les critères que l'on vient de citer, le versant Nord est occupé par des marnes et argiles vertes surmontées de roches indurées, dolomitiques, vertes, alors que le flanc Sud est occupé par des terrasses sur une largeur d'environ 2 km.

Plus au Sud, on traverse sur près de 3 km des argiles gréso-sableuses versicolores. Vers l'Est, elles passent à des grès analogues à ceux des MONTS D'UZORE. On arrive ensuite, près du hameau de MONT, au N.E. de SURY-LE-COMTAL à des formations d'argiles rouges à tuiles et des calcaires.

Puis, on passe aux argiles sableuses feldspathiques qui se poursuivent jusqu'à la limite Sud de la plaine. A proximité de cette limite, elles prennent la teinte rouge caractéristique des faciès de bordure. Elles reposent alors sur les granites à biotite et à 2 micas.

Cette dernière traversée des argiles sableuses de base, longue d'environ 7 km est hachée par des dépressions dont les escarpements font penser à des failles. Ces dépressions sont presque toujours occupées par des terrasses à galets.

En conclusion : cette étude de la plaine sur deux coupes géologiques Est-Ouest et Nord-Sud montre que les sédiments se sont déposés en quatre assises sucessives dont les affleurements décrivent des auréoles concentriques. Ces auréoles assez régulières au Nord, à l'Ouest et Sud ne se referment pas vers l'Est où les grandes failles bordières les recoupent. Les quelques autres anomalies que l'on peut constater dans la disposition concentrique des faciès semblent avoir leurs causes, soit dans la tectonique, soit dans la stratigraphie, par des contacts anormaux faillés ou par des transgressions.

Les faciès qui affleurent sont monotones. Les plus répandus sont des argiles sableuses plus ou moins grossières qui ne peuvent être d'aucun secours comme repères stratigraphiques. Les caractéristiques des différents étages doivent être basées sur des critères assez vagues : teinte rouge et matériaux clastiques feldspathiques et grossiers pour l'étage de base qui se termine par des niveaux carbonatés, consolidation beaucoup plus fréquente et alternance de teintes franches briques et vertes pour le 2ème étage, sables quartzeux et teintes pastel clair pour le 3ème étage, marnes et argiles vertes pour l'étage supérieur.

CHAPITRE V

STRATIGRAPHIE

L'étude de la série stratigraphique a été faite à partir :

a - De la documentation

b - des études de surface

c - de l'étude de certains sondages

a - DOCUMENTATION.

Deux anciens auteurs avaient déjà étudié cette série. Il s'agit de GRUNER en 1857 et de LEVERRIER en 1890.

Pour GRUNER, la série se compose de trois étages seulement. Il place les faciès de la bordure Ouest au sommet de la série. Ceci implique que l'étage supérieur a été transgressif sur les étages inférieurs, aussi bien que sur le cristallin. Il n'en reste que le pourtour, le centre ayant été érodé.

Pour LEVERRIER, les argiles sableuses rouges de la bordure Ouest se trouvent à la base de la série. Cela semble plus conforme avec la disposition en auréoles. En outre, l'ensemble de la série comprend 4 étages. Leur distinction est basée sur des caractéristiques très générales beaucoup plus que sur des successions lithologiques remarquables. En outre, j'en ai modifié les limites de façon à me conformer au caractère "séquentiel" de la sédimentation, particulièrement régulier dans la plaine du FOREZ.

b - ETUDES DE SURFACE.

Il faut d'abord ouvrir une parenthèse pour dire comment s'est effectuée la prospection du CEA : dans l'ensemble la plaine est absolument plate, de relief très mou et l'on y voit peu d'affleurements. Les rares qui existent sont situés sur les hauteurs protégées par des volcans basaltiques tels les MONTS D'UZORE, et dans la vallée de la Loire et les cours inférieurs de ses affluents directs. Or, comme la prospection nécessite des recherches géochimiques et que l'horizon le plus favorable est l'horizon d'accumulation pédologique situé environ à 80 cm de profondeur, il avait été décidé de creuser à la tarière à main une série de trous de 1 m, au fond desquels des prélèvements géochimiques étaient faits. Cette profondeur, qui est celle de l'illuvium, est suffisante pour remonter la plupart du temps une roche oxydée, mais reconnaissable sous les terres cultivables et les zones d'altération superficielles. Seules les couleurs sont affaiblies. Ce sont ces affleurements artificiels qui ont servi pour la plus grande part à l'élaboration de la carte et par conséquent de la série stratigraphique.

Au total près de 8500 affleurements artificiels ont ainsi été forés à la tarière, et la densité des observations varie selon les régions de la plaine entre 11 et 21 au kilomètre carré. Dans la région même des gisements elle est beaucoup plus forte.

c - SONDAGES.

En dehors des prospections entreprises dans la plaine, par le CEA, plusieurs sondages ont

été effectués. Mais, pour la plupart, toute archive a disparu et il y en a trois seulement pour lesquels on ait des renseignements utiles. Il s'agit tout d'abord du sondage de ST GALMIER, tout près de la limite Est qui avait été foré pour des recherches hydrologiques. Il a été étudié entre autres par LEVERRIER. Sur les 300 mètres inférieurs, ce dernier a reconnu son étage de base avec cependant des faciès plus évolués que sur les bordures. Il s'agit ensuite du sondage de MONTROND-LES BAINS, foré entre 1879 et 1882 jusqu'à 500 mètres pour rechercher les couches stéphaniennes productives sous les sédiments tertiaires. Les restes des carottes, représentent un échantillonnage très incomplet, mais il existe également une description assez détaillée, donnée après 1883 par LAUR. Ce forage recoupe pratiquement toute la série sauf la partie supérieure érodée et la partie inférieure du niveau de base. Le troisième sondage qui a apporté des renseignements assez précis a été foré en 1962, dans la région de BONSON tout à fait au Sud, pour des recherches d'eaux. Sa profondeur est de l'ordre d'une trentaine de mètres.

Entre 1959 et 1964, une série de sondages a été implantée par le CEA pour la prospection du gisement d'Uranium de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. La majeure partie de ces sondages n'a fait qu'entamer la surface de la plaine, mais deux d'entre-eux méritent attention quant à l'étude de la série stratigraphique :

- Le sondage 3016 qui a atteint une profondeur de 100 m. Il est situé à 1 km environ au Sud-Ouest de CHALAIN-LE-COMTAL.

- Le sondage 3017, foré à 300 m, situé 1 km environ au Sud-Est de CHALAIN-LE-COMTAL.

Voici maintenant la description de la série stratigraphique.

1er ETAGE OU ETAGE FELDSPATHIQUE DE BASE -

La description des bordures a montré qu'il débute par des argiles de teinte le plus souvent rouge. Elles contiennent une forte proportion d'éléments détritiques grossiers très mal classés puisque leurs tailles varient de 0,1 millimètre à 10 centimètres. Les sables sont quartzeux et feldspathiques. Les galets sont le plus souvent de quartz, mais aussi de granite, microgranite, granite à 2 micas, tufs rhyolitiques. Beaucoup plus rarement on trouve des blocs ferrugineux rouges.

La teinte rouge des argiles vient de la destruction des sols tropicaux dont on retrouve des lambeaux dans toute la région, et plus particulièrement au Nord-Ouest de la Montagne Bourbonnaise. Les éléments détritiques que l'on trouve dans ces argiles et qui se poursuivent au dessus de ce niveau marquent le début de l'érosion du FOREZ, surélevé dès le début du Stampien. Cette surrection a donc été rapide puisqu'elle a entraîné presque simultanément la destruction des sols rouges et l'érosion du socle lui même. La forme et le très mauvais classement des éléments grossiers montrent un transport court.

Les faciès gréseux signalés au Nord-Est de MONTBRISON et qui ont été protégés de l'érosion par de coulées basaltiques posent un problème. Ils peuvent être aussi bien de simples variations latérales de faciès que le résultat d'une modification des argiles sableuses due à l'action des volcans proches. Ceci sera repris au sujet du volcanisme.

Il faut également signaler, dans toute la partie Sud de l'affleurement de l'étage, des pointements d'argiles rouges plus ou moins sableuses dites "argiles à tuiles". Ces pointements font toujours saillie dans le relief et forment des collines allongées. Il est très probable qu'elles peuvent avoir subi des modifications du fait de basaltes sous-jacents et il en sera également question dans l'étude sur le volcanisme.

Au dessus de ces faciès de base se trouve une puissante succession d'argiles sableuses et de sables plus ou moins grossiers, de teintes généralement beige, mais quelquefois rouge ou grise.

Les caractères essentiels des sables et de la fraction clastique des argiles sableuses sont d'une part d'être très feldspathique et d'autre part de montrer deux types d'usure des grains : L'un est très anguleux, l'autre un peu émoussé. Cette différence morphoscopique suggère deux conditions de transport : L'une par ruissellement (coulées de boues par exemple), l'autre torrentielle. L'apport fluviatile semble s'amorcer mais ne se distingue pas encore.

D'autre part, en un point donné de l'auréole, la nature des grains de sables correspond à celle des minéraux des roches du socle situées en regard sur la périphérie. Il en est de même pour la composition minéralogique des petits galets. Cela implique donc un apport périphérique.

A mesure que l'on monte dans la série, les éléments grossiers deviennent de plus en plus rares et les couches sableuses tendent à disparaître si bien qu'on arrive à une série d'argiles plastiques de teinte beige à grise, devenant verte assez foncée au sommet. Ces argiles deviennent calcaires

et passent alors à des marnes puis à des calcaires francs. On note en outre la présence d'huile en quantité assez notable (dans les carottes du sondage 3017) ce qui, sans être étonnant confirme un milieu réducteur riche en matières organiques.

Primitivement, LE VERRIER avait arrêté le premier étage au sommet des argiles et avait placé des calcaires à la base de l'étage suivant. Or, la succession qui vient d'être décrite est nette dans le sondage CEA 3017 qui a traversé 60 mètres de marnes et d'argiles sans un seul élément détritique grossier. Cela montre une séquence sédimentaire positive et très complète qui se termine par un niveau carbonaté. Il m'a donc semblé normal d'inclure ce niveau dans le premier étage.

Répartition géographique et puissance de l'étage.

L'affleurement de cet étage décrit une auréole presque continue, tout autour de la plaine, au Nord, à l'Ouest et au Sud. Cette auréole dont la largeur varie de 3 à 8 km, débute dans la région Nord-Ouest de BALBIGNY et se poursuit presque sans interruption jusque dans la région du BOIS du ROI, tout à fait au Sud-Est de la plaine. On n'en trouve pas de témoins tout au long de la bordure Est. Le seul endroit ou l'auréole soit interrompue se trouve près de ST RAMBERT, tout à fait au Sud. Là en effet, les grès de l'étage supérieur viennent directement reposer contre le Stéphanien à la limite du basssin.

La largeur maxima de cette auréole se situe à peu près au centre de la plaine, dans la région de BOEN-SUR-LIGNON. Elle est d'environ 7 à 8 km. Les argiles plastiques affleurent assez régulièrement à une distance d'environ 3 à 5 kilomètres de la bordure Ouest. Comme cet affleurement correspond à peu près à la dépression occidentale, il est souvent souligné par un grand nombre d'étangs.

En suivant la partie la plus centrale de l'auréole depuis le Nord, la première manifestation des niveaux carbonatés se situe dans la région de ST SULPICE à 7 kilomètres au Sud-Est de ST GERMAIN LAVAL. Sur près de 2 km , la tarière remonte des argiles peu sableuses, avec de petits morceaux de calcite qui peuvent être soit des débris de filonnets, soit des débris de nodules. L'affleurement suivant se trouve beaucoup plus au Sud, près du hameau de CREMERIEUX à l'Est de MONTBRISON. Là, un petit banc de calcaire massif, blanc, plus ou moins marneux est insterstratifié dans des argiles à lits de calcite, des argiles à nodules de calcite, ou des argiles marneuses. Plus au Sud-Est, le niveau carbonaté affleure largement dans la région de SURY-LE-COMTAL. Il s'agit de calcaires à silex ou de calcaires marneux en bancs pouvant atteindre 1 mètre de puissance, intercalés dans des marnes et des argiles à lits ou à nodules de calcite.

Ce niveau calcaire est donc discret dans la partie Nord de la plaine et devient de plus en plus franc et massif vers le Sud.

Il est difficile d'évaluer la puissance totale maxima de l'étage. Cependant, le sondage de MONTROND-LES-BAINS l'a traversé sur 180 mètres sans en atteindre la base puisqu'il s'est arrêté dans des sables assez fins. D'autre part, au sondage de ST GALMIER, tout près de la limite Est, et à une douzaine de kilomètres de l'endroit le plus profond de la plaine, il aurait environ 300 mètres. Enfin, l'ensemble des coupes géologiques lui attribue une puissance supérieure à 300 m.

Le niveau carbonaté, discret dans la partie Nord de la plaine, s'épaissit considérablement vers le Sud puisque le sondage CEA 3017 l'a traversé sur près de 60 mètres.

Cet épaississement marche de pair avec son caractère de plus en plus massif et de moins en moins argileux.

2ème ETAGE OU ETAGE DES GRES DE VEAUCHE -

Il se subdivise en deux parties :

Dans la première, le long épisode argileux et argilo-marneux de la fin du premier étage se poursuit, mais avec une nouvelle disposition des lits carbonatés et l'apparition de petits épisodes sableux.

Après un arrêt brutal de la longue série homogène de la fin du premier étage, les niveaux calcaires reprennent par petits lits espacés. En montant dans la série, ces lits deviennent de plus en plus épais et rapprochés jusqu'à former une nouvelle zone continue et puissante. Les faciès sont souvent les mêmes que dans le premier étage, mais quelques-uns de ces niveaux semblent avoir une allure détritique et peuvent provenir de remaniement de couches du premier étage.

Les épisodes sableux s'intercalent en général dans les zones non calcaires. Ils sont également discrets à la base pour devenir plus abondants vers le haut. Ils semblent liés à de nouveaux

dépôts d'argiles rouges.

Ces deux types de sédimentation ne se chevauchent pas souvent. Cependant, le sondage de MONTROND-LES-BAINS aurait traversé plusieurs niveaux de grès calcaires.

A partir de la moitié de l'étage, les carbonates disparaissent et l'apport détritique grossier devient soudain très important. De puissantes couches de sables argileux alternent avec des argiles moins sableuses. Elles passent latéralement à des grès plus ou moins bien consolidés dans des zones bien définies. Ces couches, peu homogènes et le plus souvent très grossières ont une couleur blanche à beige avec de très nombreux lits rouge foncé et vert franc.

Les éléments clastiques rappellent ceux du premier étage. Ce sont des grains de quartz et de feldspath, ou de petits galets. Leur mauvais classement et leur morphoscopie indiquent la nature du transport : torrentiel et fluviatile, mais de toute façon assez court. A la différence de ce qu'on avait à l'étage précédent, l'apport fluviatile commence donc à se distinguer. La disposition des grès semble indiquer des estuaires.

En montant dans la série, les sables tendent à disparaître pour faire place à de nouvelles couches d'argiles vertes avec intercalations rouges,

Aisni, ce deuxième étage se subdivise en deux parties :

- dans la première, la phase carbonatée se comporte comme dans une reprise de fin de séquence positive, tandis que la phase détritique grossière semble suivre une séquence négative.

- la deuxième, au contraire, comporte une séquence sédimentaire positive nette, mais moins complète qu'au premier étage puisqu'elle ne contient pas de niveaux carbonatés.

Répartition géographique et puissance.

L'affleurement de cet étage décrit une auréole à l'intérieur de celle de l'étage précédent. En partant du Nord, elle commence dans la région de BALBIGNY. Elle s'interrompt à l'Ouest de cette ville où l'étage sableux supérieur repose directement au contact du granite. Elle reprend à partir de la vallée de l'Aix pour se poursuivre vers le Sud sans solution de continuité jusque dans la région de PRECIEUX. En même temps elle s'élargit peu à peu. Là elle s'interrompt sur quelques kilomètres pour reprendre dans la région Nord-Est de ST ROMAIN-LE-PUY. Cette interruption doit être due pour une part à une transgression d'un étage supérieur, pour une autre part à la tectonique. L'auréole se poursuit alors vers l'Est jusqu'à la bordure faillée de la plaine où elle atteint sa largeur maxima. Dans la région d'ANDREZIEUX elle touche aux limites du bassin et cette transgression n'intéresse que la partie supérieure de l'étage.

Dans l'ensemble de la plaine, les affleurements se traduisent surtout par des sables argileux très peu consolidés, reconnaissables à leur teinte rouge et verte assez vive. Ils passent à des argiles sableuses vers le Nord. Cependant, on note deux zones où ces sables argileux passent à des grès assez francs, bien que leur consolidation soit hétérogène.

La plus importante est la région de VEAUCHE ou LE VERRIER avait choisi le type et le nom de l'étage (grès de VEAUCHE). Dans cette région, la zone gréseuse s'allonge suivant la direction Nord-Sud depuis CUZIEU jusqu'à ANDREZIEUX. Elle est assez étroite (1 kilomètre en moyenne) et se limite vers l'Ouest par une série de failles dont certains tronçons se recoupent à angle droit, mais dont la direction générale est régie par une faille Nord-Sud. Cette tectonique a surélevé les grès qui dominent à l'Est le lit de la rivière par des falaises verticales de vingt à trente mètres de hauteur.

L'autre, est la région des collines des MONTS D'UZORE où les filons de basaltes ont protégé les grès de l'érosion.

Comme la forme de l'auréole le laisse pressentir, l'étage voit sa puissance diminuer du Sud vers le Nord. Dans le sondage de MONTROND-LES-BAINS comme dans le sondage CEA 3017, elle est d'environ 150 mètres.

3ème ETAGE OU ETAGE DES SABLES QUARTZEUX -

Il est moins bien connu que les précédents parce qu'il est plus sableux et qu'il est difficile de l'observer en surface. Ce n'est que dans les sondages que l'on peut l'étudier.

Il est formé d'une succession de couches sableuses et de sables argileux de couleur claire,

généralement beige avec des passées ocres ou grises. Les sables sont quartzeux, avec une proportion de feldspaths beaucoup moins grande que pour les étages précédents. Quoique relativement peu usés, les grains le sont cependant plus régulièrement. Tout ceci semble donc indiquer un transport plus long que précécemment ou une reprise des sédiments plus anciens. Il faut signaler, en outre, quelques intercalations de niveaux plus grossiers à feldspaths nombreux et à galets de microgranites.

Enfin, une étude granulométrique plus poussée faite sur les carottes des sondages de la région du gisement de GREZIEUX montre deux populations granulométriques qui se recoupent aux environs de 80 microns. Cela semble impliquer une alimentation double provenant de deux stocks de matériaux différents. Cela peut confirmer à la fois l'hypothèse d'un transport plus long que pour les étages précédents et celle d'une reprise des sédiments de ceux-ci.

Le sondage CEA 3016 (de 100 mètres de profondeur, celui qui a permis la meilleure observation de l'étage) a montré une succession de séquences sédimentaires assez courtes, débutant par des sables et se terminant par des argiles plastiques. Dans l'ensemble, l'étage se présente comme une séquence sédimentaire avortée, résultat d'un cycle d'érosion interrompu par un événement tectonique brutal.

Répartition géographique et puissance.

L'auréole que décrit l'affleurement de l'étage s'étale dans la partie Nord de la plaine, de part et d'autre de la Loire entre FEURS et BALBIGNY. A l'Est, elle butte sur la faille bordière de la plaine. Au Nord-Ouest de BALBIGNY, elle est également en contact, peut-être anormal, avec le cristallin du socle, recoupant donc l'affleurement du 2ème étage. Elle est toujours très large jusqu'au Lignon, au Sud duquel elle commence à s'amincir pour disparaître près de GREXIEUX-LE-FROMENTAL. On retrouve un affleurement assez vague à l'Est de CUZIEU.

Les intercalations plus grossières et feldspathiques à petits galets de microgranites ne se trouvent qu'au Nord, dans la région de NERVIEUX (Or on ne trouve des microgranites dans le socle que sur les bordures Nord de la plaine).

La puissance, à l'inverse de l'étage précédent, augmente vers le Nord. Dans le sondage de MONTROND-LES-BAINS elle est d'environ 50 mètres. Dans le sondage CEA 3017 situé plus à l'Est, elle n'est plus que d'une trentaine de mètres. Enfin, la coupe géologique NS semble indiquer une centaine de mètres à l'Ouest de BALBIGNY.

En conclusion, cet étage diffère des deux précédents tant par sa nature lithologique que par son mode de dépôt.

4ème ETAGE OU ETAGE DES MARNES VERTES -

Il est séparé du précédent par une surface d'érosion nette. Il débute par une alternance de couches sableuses, argilo-sableuses et argileuses. Cette zone d'alternance peut-être considérée sous deux angles :

- d'un point de vue sédimentologique, c'est le début d'une nouvelle séquence sédimentaire au dessus de la surface d'érosion.

- d'un point de vue lithologique, c'est une transition entre l'étage des sables quartzeux qui précéde et celui des argiles et marnes vertes qui suit. En effet, la phase sableuse montre les mêmes caractéristiques que celles du 3ème étage (grains assez bien classés, alimentation double etc...). La phase argileuse, par contre annonce les couches puissantes et homogènes qui vont caractériser la partie supérieure de l'étage.

La teinte générale est celle des argiles : gris bleu à vert. On note en outre quelques intercalations rouges et plusieurs lits argileux noirs soulignent des niveaux d'exondation. On peut compter dans certains sondages jusqu'à quatre de ces niveaux noirâtres. Ils montrent un minimum de matières organiques très finement divisées pour un maximum de coloration. Cela semble suggérer qu'il s'agit d'héritages de sols formés sur le pourtour de la plaine plutôt que d'anciens sols "in situ". Au dessus de ces couches qui marquent bien la reprise d'une nouvelle séquence sédimentaire assez troublée viennent de puissantes couches d'argiles vertes. Ces argiles sont d'abord très légèrement et très finement sableuses, entrecoupées de petits lits plus sableux et plus grossiers. Rapidement elles deviennent plastiques, remarquablement puissantes et homogènes. Elles sont formées d'illite, souvent associée à de la montmorillonite et plus rarement à de la Kaolinite. En montant dans la série, elles deviennent calcaires et dolomitiques et passent à de véritables marnes dolomitiques contenant souvent des cristaux de pyrite. On y trouve également du gypse et de l'analcime.

Ce quatrième étage constitue donc à lui seul une nouvelle séquence sédimentaire positive, dont la base sableuse grossière est très irrégulière et relativement courte, alors que les zones argileuses et évaporitiques en sont longues et homogènes.

Répartition géographique et puissances.

L'affleurement du 4ème étage occupe toute la région située à l'Est de la Loire et jusqu'à la bordure Est, depuis CUZIEU au Sud jusqu'à FEURS au Nord. Sur la rive gauche du fleuve, il forme un grand golfe limité à l'Ouest, au Sud et au Sud-Est par des failles dont les rejeux l'ont protégé de l'érosion.

Les formations sableuses de base semblent affleurer plus largement au Sud dans la région de PRECIEUX où elles soulignent bien la transgression de l'étage vers le Sud.

La partie la plus haute que l'on connaisse dans la série, semble être un banc de marnes dolomitiques vertes assez dures, qui affleure dans la région de l'HOPITAL-LE-GRAND.

La puissance totale de l'étage ne peut pas être appréciée, puisqu'il a été plus ou moins érodé. Le sondage de MONTROND-LES-BAINS l'a traversé sur 190 mètres, mais il semble bien qu'il soit plus puissant vers le Sud-Ouest. Dans la région de GREZIEUX-LE-FROMENTAL-CHALAIN-LE-COMTAL, la partie protégée par le jeu des failles est assez mince (20 à 30 mètres). La base sableuse est puissante de 15 mètres dans les régions sondées (CHALAIN-LE-COMTAL), mais semble être plus épaisse au Sud, dans la région de PRECIEUX.

LES FORMATIONS FLUVIATILES ANCIENNES -

Sous cette appellation sont groupées les terrasses fluviatiles qui affleurent assez largement dans la plaine. Ce sont des formations sableuses en général non argileuses contenant presque toujours des galets arrondis de dimensions très variées (pouvant aller jusqu'à 30 cm et plus). Ces galets ne sont ni orientés, ni classés par grosseurs. Ils sont formés de quartz, de basaltes, de microgranite, granite à biotite et à deux micas.

On a toujours essayé de classer ces terrasses selon leur altitude au dessus du lit de la rivière qui les a déposées. Un tel classement ne semble pas valable dans la plaine du FOREZ. En effet, pour une grande part, elles sont interstratifiées dans les couches du 4ème étage et ont donc subi en même temps qu'elles les derniers contre-coups de la tectonique. C'est ainsi que dans le Sud de la plaine, de part et d'autre de la Loire, deux lambeaux d'une même succession de terrasses sont décalés d'une trentaine de mètres ; celui situé à l'Est, près d'ANDREZIEUX est surélevé par rapport à celui de l'Ouest, près de ST CYPRIEN.

J'ai trouvé préférable, dans le cas de la plaine du FOREZ, de subdiviser les terrasses selon la nature de leurs galets. On peut ainsi obtenir les 3 types suivants :

- Les terrasses sans galets de basalte.
- Les terrasses à basalte, mais avec le quartz dominant.
- Les terrasses à basalte dominant.

Répartition géographique et puissance.

Les terrasses du 1er type sont surtout visibles dans le Nord de la plaine, dans la vallée de l'AIX où elles sont seules représentées. Au Sud-Est de BALBIGNY, un lambeau semble être situé au dessus de terrasses du 2ème type. Ces deux groupes d'affleurements ont sans doute été déposés par une rivière dont la vallée devait emprunter le cours actuel de l'AIX qui ne draîne aucune zone basaltique.

Un autre petit lambeau affleure sur la rive gauche du Lignon au Nord de PONCINS et semble être situé au dessous de terrasses du second type. On en retrouve enfin tout à fait au Sud de la plaine, à l'Est de ST RAMBERT où elle semble occuper une position supérieure à celles des terrasses à basalte. Dans ces zones où les galets de basalte sont toujours abondants, et où leur dépôt devrait être antérieur, leur position est donc assez mal définie. Elle peut être due à la tectonique.

Les terrasses du deuxième type sont de beaucoup les plus répandues, en particulier près des lits de la Loire et du Lignon.

Enfin, les terrasses du troisième type se cantonnent elles aussi au lit de la Loire, mais plus près du fleuve que les précédentes.

La puissance des terrasses semble très variable et très difficile à évaluer. Si l'on s'en tient au critère de surface, c'est-à-dire si l'on prend le point le plus bas et le point le plus élevé de l'affleurement d'une même terrasse, il semble qu'on puisse avoir des puissances dépassant 20 à 30 m. Dans les gravières de la Loire, (les carrières inondées d'où l'on extrait sables et graviers), il semble peu fréquent que l'on dépasse une dizaine de mètres exploitables. Les sondages du CEA à l'Est de CHALAIN-LE-COMTAL ont traversé des niveaux de terrasses sur 6 m en moyenne et 10 m au maximum. Le sondage de MONTROND-LES-BAINS n'a traversé que 3 m de terrasses environ. Enfin, le sondage de BONSON a montré une puissance de 7 m.

LES ALLUVIONS RECENTES -

On distingue 3 sortes :

a - Les alluvions sableuses. Ce sont des sables argileux, assez grossiers à quartz dominant, feldspaths et micas.

b - Les chambons : ce sont des limons récents formés de sables très fins, argileux, surmicacés, de teinte foncée plutôt rougeâtre. Ils doivent leur nom à leur fertilité.

c - Les alluvions argileuses du versant Est de la Loire. Ce sont des argiles maigres, de teinte beige à grise, appelées dans la région terre à pisé. Elles se distinguent des argiles tertiaires en ce qu'elles ne sont pas litées. On y aurait trouvé des silex taillés. Il s'agit probablement d'alluvions provenant de la destruction des sédiments tertiaires qui reposaient autrefois sur les granites, et roches cristallophylliennes du versant Est de la Loire.

Répartition géographique et puissance.

Les alluvions sableuses se trouvent surtout dans le lit des affluents Ouest de la Loire. Elles affleurent sur de grandes surfaces dans la région Nord de MONTBRISON et dans la région de ST ROMAIN-LE-PUY où elles jalonnent le fond de la dépression Ouest de la plaine. Les chambons ne se trouvent que dans la vallée de la Loire et au bas des vallées de ses affluents immédiats. Ces formations semblent se trouver au-dessous de terrasses, mais ceci est dû aux failles qui encadrent les rivières principales. Les alluvions argilo-sableuses du versant Est de la Loire se trouvent au dessus des sédiments tertiaires sur tout le versant Est. C'est à ces argiles maigres que l'on doit les nombreux étangs que l'on trouve dans la région. Il est pratiquement impossible de donner une idée des puissances de ces formations. Aucune coupe n'en est visible, puisqu'elles se trouvent toujours au fond du lit des rivières. Aucun sondage n'en a traversé. Elles doivent rarement dépasser 2 m, mais dépassent souvent 1 m puisque les trous à la tarière n'ont ramené la roche en place qu'environ une fois sur trois.

Résumé de la série stratigraphique.

L'étude de la série stratigraphique a été commencée par GRUNER et LE VERRIER. Les faciès ont ensuite été précisés par affleurements artificiels. Elle a enfin été complétée et mise au point grâce aux sondages profonds de ST GALMIER, de MONTROND-LES-BAINS, de BONSON, ainsi que par les sondages CEA 3016 et 3017. On en possède maintenant une bonne description.

Les quatre étages signalés par LE VERRIER et dont la distinction est basée sur des caractéristiques très générales ont été conservés. J'ai cependant modifié leurs limites de façon à conserver le caractère "séquentiel" de la sédimentation de la plaine.

Le premier étage débute par des argiles rouges, sableuses et à galets provenant de l'érosion simultanée du socle et de la carapace latéritique dès le début de la surrection au FOREZ. Au dessus, vient une puissante série de sables et d'argiles sableuses, puis d'argiles et enfin de marnes et de calcaires. Cet étage constitue donc une séquence sédimentaire positive et complète. L'étude des éléments détritiques montre un apport essentiellement périphérique par ruissellement avec cependant une certaine part d'origine plus nettement torrentielle. Dans les deux cas, le transport des matériaux a été court.

L'affleurement de cet étage décrit une auréole assez régulière autour de la plaine au Nord, à l'Ouest et au Sud. Les argiles plastiques semblent être plus développées dans la partie Nord, tandis que la série carbonatée s'épaissit considérablement vers le Sud, peut-être au détriment des argiles.

Le deuxième étage se subdivise en deux parties. Dans la première, la sédimentation calme de la fin du premier étage continue. Après un arrêt, la phase carbonatée reprend, d'abord par petits épisodes discrets

et espacés, puis de plus en plus puissants et rapprochés. En même temps, dans les zones argileuses intercalaires, non carbonatées, apparaissent des lits sableux, eux aussi de plus en plus importants en montrant dans la série. Ils sont liés à des réapparitions d'argiles rouges. Quelques niveaux de grès à ciment calcaires marquent les rares zones où ces deux types de sédimentation se recouvrent.

La deuxième partie de l'étage commence brusquement avec le dépôt de sédiments détritiques grossiers. De puissantes couches de sables argileux et des grès alternent avec des argiles sableuses. Ces dernières deviennent de plus abondantes en montant. Au sommet de la série, elles font place à des argiles plastiques.

L'étude des éléments détritiques grossiers montre un double apport torrentiel et fluviatile avec un transport court.

L'étage commence donc par une séquence sédimentaire négative indiquée par la phase clastique (alors que la phase carbonatée indiquerait plutôt une fin de séquence positive). Il se termine par une séquence positive incomplète puisqu'elle s'arrête aux argiles.

L'affleurement de ce 2ème étage décrit une auréole située à l'intérieur de celle qu'avait dessinée le premier étage. Mais elle est moins régulière que cette dernière : elle est interrompue au Nord par une transgression de l'étage supérieur. Au Sud, la 2ème partie détritique grossière transgresse jusqu'aux limites de la plaine. Les grés occupent une zone allongée Nord-Sud et faillée le long du lit de la Loire entre CUZIEUX et ANDREZIEUX. On retrouve également une autre zone Nord-Sud, protégée de l'érosion par les dykes basaltiques des MONTS D'UZORE. Dans le Nord de la plaine, les sédiments semblent plus argileux et plus fins.

La puissance de l'étage croit du Nord vers le Sud et atteint 150 mètres dans les sondages de MONTROND-LES-BAINS et CEA 3017.

Le troisième étage, essentiellement sableux est formé d'une succession de séquences sédimentaires assez régulières débutant toutes par des sables pour se terminer par des argiles plus ou moins sableuses. Dans l'ensemble, cela consitue une séquence sédimentaire positive avortée.

La partie sableuse est beaucoup plus quartzeuse, régulière et homogène que dans les étages précédents. L'étude de cette phase clastique semble montrer une alimentation double provenant de deux stocks de matériaux différents dont l'un pourrait avoir subi un transport un peu plus long à partir du socle et l'autre être la reprise des sédiments déposés précédemment.

L'affleurement de l'étage s'étale au Nord et disparaît assez rapidement vers le Sud. La puissance observée est de 30 à 50 mètres à la hauteur de MONTROND-LES-BAINS, mais augmente vers le Nord où les coupes géologiques l'évaluent à une centaine de mètres. Dans cette partie, s'intercalent des niveaux feldspathiques grossiers rappelant ceux des étages précédents. Ces niveaux proviennent des microgranites situés au Nord de la plaine.

Le quatrième étage débute (après une légère érosion du sommet du 3ème étage) par une reprise de la sédimentation détritique, très irrégulière, coupée de plusieurs exondations. Il se poursuit par de puissantes couches argileuses vertes, légèrement et finement sableuses à la base, remarquablement homogènes au dessus. Elles deviennent ensuite calcaires et dolomitiques pour faire place à de véritables marnes dolomitiques au sommet. Les marnes contiennent souvent de la pyrite, du gypse, de l'analcine.

L'étage se présente donc comme une séquence sédimentaire positive normale, rapide et un peu troublée à la base, beaucoup plus longue et remarquablement calme pour tout le reste de la série.

L'affleurement de cet étage occupe surtout une grande partie du versant Est de la plaine de CUZIEUX à FEURS. A l'Ouest, il a été protégé de l'érosion par le jeu des failles dans le quadrilatère CHAMBEON-PRECIEUX, L'HOPITAL-LE-GRAND, BOISSET-LES-MONTROND.

Il n'est pas possible d'apprécier les puissances. Le sondage de MONTROND indique 190 mètres, mais elles doivent être plus importantes dans la région de BOISSET - L'HOPITAL-LE-GRAND. Elles sont relativement très faibles dans la région de CHALAIN-LE-COMTAL. La série sableuse de la base est puissante de 15 mètres à CHALAIN-LE-COMTAL, mais doit l'être davantage dans la région de PRECIEUX, au Sud, où elle souligne une transgression vers le Sud.

Les formations fluviatiles anciennes groupent toutes les terrasses à galets qui affleurent dans la plaine. Elles semblent, pour une part contemporaines des argiles du quatrième étage dans lesquelles elles

sont souvent interstratifiées. L'ancienne subdivision selon la hauteur au dessus du lit de la rivière qui les a déposées n'a pas été retenue ici parce que les derniers rejeux des failles leur sont postérieurs. Il a donc semblé préférable de les classer selon la présence et la proportion des galets de basalte qu'elles contiennent, ce qui a donné .

Les terrasses sans basalte.

Les terrasses avec basaltes mais à galets de quartz dominant.

Les terrasses à galets de basalte dominant.

Elles se sont déposées à proximité des lits actuels de la Loire et de ses affluents, ce qui montre que, déjà à cette époque, les grandes vallées actuelles devaient s'esquisser.

Les terrasses sans basalte se sont surtout déposées dans la vallée de l'Aix dont le cours actuel supérieur ne draîne pas de terrains basaltiques. Il n'y a pas eu de sondages dans les zones où elles apparaissent si bien qu'on ne peut dire si elles peuvent être, elles aussi interstratifiées dans les argiles.

En conclusion : la série stratigraphique de la plaine du FOREZ est comparable à celle des autres Limagnes pour le premier étage et à la rigueur pour le deuxième. Elle en diffère totalement pour les troisième et quatrième.

PLAINE DU FOREZ

Série stratigraphique vue d'après trois sondages profonds

Echelle : 1/500

Mars 1964 Duclos

LEGENDE

LITHOLOGIE

- Argile
- Argiles sableuses et grès
- Sables (fins - grossiers)
- Roches carbonatées
- Bancs calcaires

MATERIAUX CLASTIQUES

proportion de la phase clastique dans les argiles sableuses et les grès

- \+ Faible
- \+ + Moyenne
- +++ Forte

REPRESENTATIONS DES ETAGES

- 4ème Etage
- 3ème Etage
- 2ème Etage
- 1er Etage

Sondage de MONTROND - les - Bains

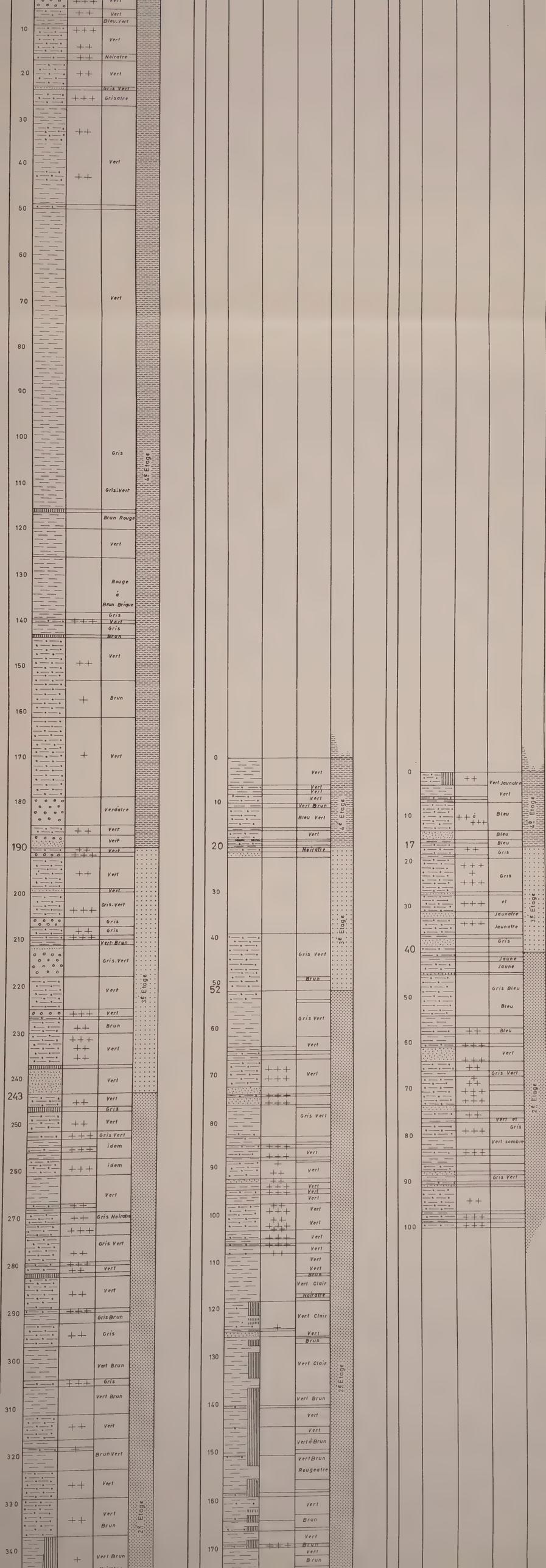
exécuté de 1879 à 1881
étudié par cuttings
à la même époque

Sondage C.E.A. 3017

exécuté en Nov. et Déc. 1963
étude sur carottes

Sondage C.E.A. 3016

exécuté en Octobre 1963
étudié sur carottes


10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
243
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
Vert
Bleu.Vert
Vert
Noirâtre
Vert
Gris Vert
Grisâtre
Vert
Vert
Gris
Gris.Vert
Brun Rouge
Vert
Rouge à Brun Brique
Gris
Vert
Gris
Brun
Vert
Brun
Vert
Verdâtre
Vert
Vert
Vert
Vert
Gris.Vert
Gris
Gris
Vert.Brun
Gris.Vert
Vert
Vert
Brun
Vert
Vert
Gris
Vert
Gris
idem
idem
Vert
Gris Noirâtre
Gris Vert
Vert
Vert
Gris Brun
Gris
Vert Brun
Gris
Vert Brun
Vert
Brun Vert
Vert
Vert
Brun
Vert Brun
4e Etage
3e Etage
2e Etage
0
10
20
30
40
50
52
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
Vert
Vert
Vert
Vert Brun
Bleu Vert
Vert
Noirâtre
Gris Vert
Brun
Gris Vert
Vert
Vert
Gris Vert
Vert
Vert
Vert
Vert
Vert
Vert
Vert
Brun
Vert Clair
Noirâtre
Vert Clair
Vert
Brun
Vert Clair
Vert Brun
Vert
Vert
Vert à Brun
Vert Brun
Rougeâtre
Vert
Brun
Vert
Brun
Vert
Brun
4e Etage
3e Etage
2e Etage
0
10
17
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Vert Jaunâtre
Vert
Bleu
Bleu
Bleu
Gris
Gris
et
Jaunâtre
Jaunâtre
Gris
Jaune
Jaune
Gris Bleu
Bleu
Bleu
Vert
Gris Vert
Vert et Gris
Vert sombre
Gris Vert
4e Etage
3e Etage
2e Etage

EXPLICATION DE LA FIGURE 3

Voici les coupes des trois sondages les plus longs forés dans la plaine. Elles illustrent la série stratigraphique.

Le premier sondage représenté, et aussi le plus long de tous (500 m) est le sondage de MONTROND-LES-BAINS. Foré entre 1873 et 1881 pour rechercher le houiller productif sous les sédiments tertiaires, il a abouti, à près de 500 m, à la découverte de la source artésienne bicarbonatée, sodique dite "du Geyser". Ce sondage a été étudié sur cuttings et échantillons carottés pris de loin en loin. Sa coupe a donc été assez difficile à représenter selon la légende adoptée pour les sondages CEA. L'étude continue de la phase calcaire n'a pas été faite et seuls les bancs gréseux calcaires sont signalés. Au contraire, dans les sondages CEA, cette étude, bien que sommaire (puisque résultant uniquement de l'observation de l'effervescence à l'acide chlorhydrique) a été faite sur la totalité des carottes si bien qu'elle apparaît autant pour les grès que pour les argiles. D'où une différence dans les représentations graphiques.

Les deux sondages suivants ont tous deux été forés par le CEA, à la fin de l'année 1963. Le 3017, incliné à 30° avec la verticale, a une longueur réelle de 300 mètres, qui correspond donc à une profondeur verticale de 260 mètres environ. Le 3016 est un sondage vertical de 100 mètres de profondeur. Tous deux sont carottés de façon continue et la représentation ci-après à l'échelle du 1/500è est un résumé des observations directes reportées au 1/50è de façon très détaillée. Les 40 premiers mètres du sondage 3017 n'ayant volontairement pas été carottés, ont été remplacés en partie, par un sondage carotté (le n° 945) distant de 100 mètres à peine.

Pour la correspondance stratigraphique, j'ai fait coïncider sur les trois coupes la limite entre les 3è et 4è étages. Cette coïncidence a été établie grâce aux carottages électriques pour les sondages 3017 et 3016, par l'examen pétrographique pour le sondage de MONTROND. L'exactitude de ces corrélations est de l'ordre du décimètre pour les 2 sondages CEA, et de l'ordre du mètre pour le sondage de MONTROND.

CHAPITRE VI

SÉDIMENTOLOGIE ET PALÉOGÉOGRAPHIE

PREMIER ETAGE.

L'étude des grains des sables et des argiles sableuses, exposée dans la description de la série stratigraphique a montré que le transport des sédiments s'est fait de deux façons, au moins pour la partie inférieure grossière de l'étage : l'une par ruissellement, l'autre torrentielle. Dans les deux cas, le transport a été court.

D'autre part, la diversité et la disposition des roches du socle qui entourent la plaine sont telles qu'elles permettent d'affirmer que l'apport s'est fait uniquement de façon périphérique. En effet, la nature des grains détritiques (tant celle des feldspaths que celle des petits fragments de roches) prélevés en divers points de l'auréole rappelle parfaitement celle des roches du socle situées en regard. Par exemple, on n'a pas trouvé de grain provenant de la partie Sud du socle dans les sédiments situés au centre ou au Nord de la plaine, et vice versa.

On peut conclure que l'apport a été périphérique, pour le Nord, l'Ouest et le Sud de la plaine. On ne peut rien dire de l'Est puisque l'étage n'y affleure pas.

Au dessus de ces faciès grossiers, les argiles qui affleurent vers le centre de l'auréole s'étalent plus largement au Nord qu'au Sud. Ceci peut donc impliquer dans le bassin de sédimentation un léger courant de Sud à Nord. Ce courant peut avoir deux causes : La confluence progressive au Sud du bassin des eaux torrentielles, qui tendent à y former un ou plusieurs cours d'eaux plus importants ; la mise en fonctionnement d'un déversoir situé au Nord.

La répartition des éléments clastiques grossiers et celle des sédiments plus fins montre que le centre sédimentologique (c'est-à-dire la partie centrale la plus profonde du bassin) se situait sur une ligne Est-Ouest passant un peu au Nord de MONTROND-LES-BAINS. Malgré leur étalement vers le Nord, les argiles montrent une disposition identique. D'autre part, le sondage CEA 3017, beaucoup plus franchement argileux que le sondage de MONTROND-LES-BAINS permet de situer ce centre un peu à l'Ouest de la Loire. La partie la plus profonde du bassin se situait donc à cette époque dans le triangle MONTROND-LES-BAINS - CHAMBEON - CHALAIN-LE-COMTAL.

Au dessus des argiles, les couches marnocalcaires affleurent au contraire plus largement dans la partie Sud de la plaine. Tout à fait au sommet de la série, les calcaires massifs à silex ne se trouvent que tout à fait au Sud, près de SURY-LE-COMTAL. La présence d'huile dans ces niveaux carbonatés indique un milieu réducteur, dans un lac confiné, de dimensions réduites. De plus, le bassin, ainsi que sa partie la plus profonde, semble donc se déplacer vers le Sud-Ouest. Ce déplacement doit être du à un début de basculement vers le Sud de l'ensemble de la plaine. L'absence de niveaux conglomératiques ou même sableux montre que ce mouvement s'est fait très lentement sans à-coups et très progressivement. C'est là une des premières différences qui apparaît entre la plaine du FOREZ et les autres Limagnes.

DEUXIEME ETAGE.

Durant toute la première partie de ce deuxième étage, la sédimentation lente, en milieu confiné et réducteur se poursuit. Elle se fait toujours dans un lac de dimensions assez restreintes et sous un climat chaud. Celui-ci favorise à la fois les dépôts carbonatés et la formation sur le continent de nouveaux sols tropicaux. Quelques soubressauts orogéniques interviennent épisodiquement entraînant une reprise de l'érosion et le dépôt de couches sableuses et d'argiles rouges qui s'intercalent dans les dépôts évaporitiques. Ainsi, la phase carbonatée reprend selon une fin de séquence

positive, tandis que la phase sableuse se dépose selon une séquence négative.

Il est difficile de voir si le basculement se poursuit. Cependant la présence de couches argileuses et calcaires, beaucoup plus franches dans le sondage CEA 3017 que dans le sondage de MONTROND-LES-BAINS où elles sont plus sableuses, laisse supposer que le centre du bassin continue à se rapprocher de CHALAIN-LE-COMTAL. Cela se poursuit durant une période qui peut-être très longue, et au cours de laquelle les soubressauts orogéniques s'accentuent et deviennent plus fréquents.

Assez brusquement, au milieu de l'étage, la sédimentation calme s'arrête. Une nouvelle séquence sédimentaire positive débute par le dépôt de sables et argiles sableuses transgressant largement vers le Sud. Cette transgression est consécutive à une accélération brutale du basculement vers le Sud. Le centre de sédimentation se déplace alors vers le Sud-Sud-Est, se rapprochant de BOISSET-LES-MONTROND. En effet, selon la direction N 50 Ouest des deux sondages CEA 3015 et 3016, l'évolution des sédiments (qui montre le sens du transport) se fait vers le Sud-Est. Selon la direction Est-Ouest des deux sondages CEA 3017 et MONTROND-LES-BAINS, cette évolution se fait d'Ouest en Est.

Dans cette partie supérieure de l'étage, l'étude des grains indique, comme pour le premier étage un double apport périphérique : par ruissellement et torrentiel. Cependant, la confluence progressive des eaux torrentielles qui s'était amorcée au cours du dépôt du premier étage s'accentue. Un apport fluviatile commence a être prépondérant dans certaines zones.

En effet, d'une part, la fréquence des faciès plus sableux au Sud de la plaine, alors qu'au Nord ils sont plus argileux, montre qu'un courant Sud-Nord s'est établi. Il est même possible qu'un déversoir vers le Nord ait fonctionné à nouveau.

D'autre part, les affleurements plus nettement gréseux ont une forme allongée Nord-Sud assez caractéristique. Le plus net est celui du Sud, qui va d'ANDREZIEUX à CUZIEU. Mais celui des MONTS D'UZORE, bien que modelé par les dykes basaltiques n'est pas non plus à négliger. Dans les deux cas, on retrouve les mêmes éléments grossiers et très mal classés, avec des stratifications obliques et entrecroisées qui font penser à des dépôts deltaïques. La tendance qui se dessinait déjà lors du dépôt du premier étage se confirme et s'accentue et l'on imagine bien un fleuve venant du Sud et correspondant à peu près au lit actuel de la Loire et une ou plusieurs rivières venant du Sud-Ouest.

TROISIEME ETAGE.

La séquence sédimentaire de la fin du 2ème étage, bien qu'assez complète, n'a pas eu le temps de se poursuivre jusqu'à de nouveaux niveaux carbonatés. Interrompant le dépôt des argiles, une nouvelle séquence débute brusquement par des sables quartzeux. Dès le départ, la composition peu feldspathique de ces sables ainsi que le caractère bien calibré et plus usé des grains tranchent avec les dépôts sableux des étages précédents.

La reprise de cette sédimentation sableuse s'accompagne d'une transgression nette vers le Nord. Il y a donc un nouveau basculement de la plaine. La comparaison des sondages CEA 3016 et MONTROND-LES-BAINS montre un épaississement des couches vers ce dernier, vers l'Est. La partie la plus profonde du bassin se déplace donc cette fois vers le Nord-Nord-Est. Il est difficile, vu le peu de renseignements que donne cet étage à l'affleurement de définir avec exactitude l'endroit ou aboutit ce déplacement. On ne peut que le situer assez vaguement à l'Est d'une ligne MONTROND-LES-BAINS - FEURS.

Le caractère brutal de l'apparition des sables quartzeux montre que le basculement vers le Nord-Nord-Est a été rapide. Malgré tout, il continue le mouvement circulaire dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre amorcé au cours du dépôt des étages précédents.

D'autre part, les quelques intercalations feldspathiques grossières à petits fragments de microgranite que l'on trouve dans la région de NERVIEUX ne peuvent avoir été arrachées qu'à la partie du socle entourant le Nord de la plaine. Cela ferait pressentir un apport venant du Nord. L'étude des coupes de sondages indique une évolution des sédiments vers le Sud-Est. La comparaison des sondages CEA 3016 et MONTROND-LES-BAINS (bien que ce dernier soit plus près du centre de la plaine) semble montrer une évolution dirigée vers le 3016 (moins nettement sableux), c'est-à-dire vers l'Est. Ainsi, près de la limite Sud de l'affleurement de l'étage, le sens d'évolution du dépôt se fait en gros du Nord-Ouest vers le Sud Est. On doit donc admettre que le remplissage du bassin s'est fait principalement par le Nord.

Enfin, l'examen des grains a montré d'une part qu'ils ont subi un transport plus long que ceux des dépôts précédents et d'autre part qu'ils proviennent de deux stocks de matériaux différents. L'un de ces stocks doit avoir une origine assez lointaine et a été apporté par une ou plusieurs rivières venant du Nord. L'autre doit provenir de la reprise des sédiments des premier et deuxième étages exondés autour du lac, principalement à l'Ouest. Cet apport, périphérique, a été modifié une fois arrivé dans le bassin, il a été entraîné par le courant Nord-Sud créé par les rivières responsables du premier apport. Celles-ci ont pu emprunter en sens inverse le ou les déversoirs qui fonctionnaient lors du dépôt de l'étage précédent. Le mouvement de bascule de la plaine vers le Nord a pu être d'extension assez limitée. Cependant il a pu mettre le bassin en communication avec la plaine de ROANNE. Le trop plein a pu alors s'écouler vers l'Est.

QUATRIEME ETAGE ET TERRASSES FLUVIATILES.

Le quatrième étage est constitué par une séquence sédimentaire positive qui interrompt assez vite le dépôt des sables du troisième étage. Ce dernier ne constitue donc qu'une séquence positive avortée. L'interruption est soulignée par une exondation et une érosion. Cette érosion est prouvée car les sondages CEA montrent que des rejets de l'ordre de 3 à 5 mètres, dûs à de petites failles ont été nivelés.

Au dessus, le quatrième étage repose en discordance et débute par des dépôts sableux entrecoupés de nouvelles exondations souvent soulignées par des niveaux noirs. Ces derniers semblent être l'héritage de sols formés sur le continent et semblent donc remplacer les couches rouges de la base des premier et deuxième étages, ce qui indique un climat moins chaud.

Cette sédimentation instable est la conséquence de mouvements tectoniques et s'accompagne d'une transgression très nette vers le Sud. Un nouveau basculement de la plaine s'effectue donc, et il est très rapide puisqu'il ne correspond qu'au dépôt d'une quinzaine de mètres de sables et sables argileux. Il cesse sans transition puisque les argiles vertes prennent très vite leur caractère homogène.

La partie la plus profonde des dépôts argileux et marneux semble se situer dans la région comprise entre MONTROND-LES-BAINS, et l'HOPITAL-LE-GRAND. Son déplacement correspond donc à un basculement rapide de la plaine vers le Sud-Sud-Est interrompant ainsi le mouvement "de batée" qu'elle avait pris au cours du dépôt des trois étages précécents.

La majeure partie de l'étage s'est déposée dans un bassin très calme et confiné après le dépôt des 50 premiers mètres.

Mais comme toute la partie supérieure en a été partiellement érodée, il est difficile d'imaginer l'origine et le mode de transport des sédiments. Les argiles et les marnes, essentiellement formées d'illite, peuvent aussi bien provenir d'une érosion assez lointaine du socle que de la reprise de terrains sédimentaires plus proches. D'autre part, l'étude des sondages CEA montre une évolution des sédiments, dirigée vers l'Est - Sud - Est.

Cette observation, faite près de la limite Ouest de l'affleurement, jointe à la remarquable régularité et homogénéité que montre l'ensemble des affleurements d'argiles et de marnes, peut faire penser à un apport plutôt périphérique de matériaux provenant surtout des sédiments restés exondés, au Nord-Ouest et au Nord à la suite du basculement. Cet apport se serait fait par ruissellement plutôt que par l'intermédiaire de rivières.

Mais cela n'exclut pas l'existence de quelques cours d'eau importants, responsables du dépôt des terrasses fluviatiles intercalées dans les argiles dès la base de celles-ci. La disposition de ces terrains montre même que le tracé de ces cours d'eau correspondait déjà au réseau hydrographique actuel. En effet, les terrasses sans basaltes sont cantonnées autour de la vallée actuelle de l'Aix et dans son prolongement oriental. Or, cette rivière ne draîne actuellement aucun pointement basaltique. Les terrasses à basalte, par contre, se disposent le long des cours d'eau drainant l'Ouest et le Sud de la plaine jusqu'au VELAY. Ce sont des zones où les manifestations volcaniques sont nombreuses. Enfin, les terrasses intercalées à la base des couches argileuses proviennent d'un fleuve situé sensiblement sur le lit actuel de la Loire.

Il paraît douteux d'attribuer le transport des argiles à ces fleuves, car le sens d'écoulement n'est plus du tout le même. Dans les sondages, une couche de sables supérieurs au premier niveau d'argiles, transgressifs et discordants sur celui-ci et recouverts de nouveaux lambeaux argileux doit être considérée comme une terrasse. L'absence de galets s'explique par l'éloignement relatif du fleuve. Or, cette couche sableuse a un sens d'évolution Nord-Ouest, c'est-à-dire concordant avec la

direction selon laquelle les terrasses ont été déposées, mais inverse de celui des niveaux sableux de la base des argiles.

On peut donc conclure que les argiles et les marnes sont dues à un apport périphérique du Nord-Ouest et du Nord, et proviennent probablement de la destruction des sédiments plus anciens, que le transport a du se faire préférentiellement par ruissellement dans un bassin calme où arrivaient périodiquement les quelques cours d'eaux qui ont déposé les terrasses lors de conditions climatiques particulières, mais qui n'ont pas eu d'influence sur le dépôt du quatrième étage.

Le premier étage, l'apport des matériaux s'est fait de façon périphérique par ruissellement ou par des torrents et petites rivières venant du Nord, de l'Ouest et du Sud. A partir du milieu de l'étage, [illegible] pendant que les eaux semblent se déverser vers le Nord. La sédimentation de l'étage se termine dans un lac confiné, calme, en milieu salin et réducteur.

Le centre de la sédimentation, marquant la partie la plus profonde du bassin se situe d'abord dans le triangle MONTBRUN-LES-BAINS - CHAMBON - CHALAIN-LE-COMTAL. Vers la fin du dépôt, il se déplace lentement vers le Sud-Ouest. Ce déplacement est la conséquence d'un basculement lent et progressif de la cuvette vers le Sud-Ouest.

Le deuxième étage se subdivise en deux sous-étages. Au premier, une séquence sédimentaire négative pour la phase clastique s'intercale dans les retours à la phase carbonatée qui suit une nouvelle séquence positive. La sédimentation calme de la fin du premier étage se poursuit donc, mais entrecoupée d'épisodes détritiques grossiers qui annoncent un nouveau cycle d'érosion. Celui-ci débute brusquement au milieu de l'étage et se traduit par une nouvelle séquence sédimentaire positive.

L'alimentation du bassin se fait à la fois par apport périphérique et une ou plusieurs rivières venant du Sud et du Sud-Ouest. Le basculement vers le Sud-Ouest semble se poursuivre lentement pendant la première partie du dépôt, s'accélère pour devenir Sud-Est pendant la 2ème partie. Le centre de sédimentation passe dans la région de CHALAIN-LE-COMTAL, puis son déplacement se modifie vers le Sud-Est, vers la région de BOISSET-LES-MONTBRUN.

Le troisième étage interrompt la fin de la séquence précédente et débute brusquement par des sables quartzeux. En même temps, il transgresse vers le Nord-Nord-Est, à la suite d'un nouveau basculement de la plaine dans cette direction. Ainsi s'achève une sorte de mouvement de bascule, dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre et amorcé aux étages précédents.

L'alimentation se fait surtout par le Nord à partir de deux stocks de matériaux, dont l'un possède une origine assez lointaine et l'autre est la reprise des sédiments des deux étages précédents exondés à l'Ouest et au Sud.

Le basculement n'a du intéresser qu'une région assez limitée et a pu mettre la plaine en communication avec la plaine de ROANNE.

Le quatrième étage et les terrasses fluviatiles. Le troisième étage s'interrompt assez vite et ne forme donc qu'une séquence sédimentaire très vite avortée, dont le sommet est en outre légèrement érodé. Au dessus, le quatrième étage débute en discordance par une série sableuse irrégulière et interrompue par plusieurs exondations soulignées par des couches noires. Cette période instable est relativement courte. Elle correspond à une transgression vers le Sud, conséquence d'un basculement de la plaine vers le Sud-Sud-Ouest. Ce basculement cesse assez brusquement et la série puissante et très homogène des argiles et des marnes se dépose. Le centre sédimentologique s'établit entre MONTBRUN-LES-BAINS et BOISSET-LES-MONTBRUN.

La première partie de l'étage, soit une quinzaine de mètres forme la transition entre le 3ème étage et cette série argilo marno-dolomitique qui s'est déposée dans un bassin très calme et confiné. L'apport a du se faire de façon périphérique à partir de matériaux provenant de la reprise des sédiments exondés grâce au basculement du bassin. Le transport a pu se faire plutôt par ruissellement.

Cette sédimentation s'est faite dans un lac où arrivaient périodiquement des cours d'eau assez importants qui ont déposé les terrasses fluviatiles souvent intercalées dans les argiles. Ces cours d'eau avaient déjà le tracé actuel. Ils n'ont eu aucune influence sur le dépôt du quatrième étage lui-même.

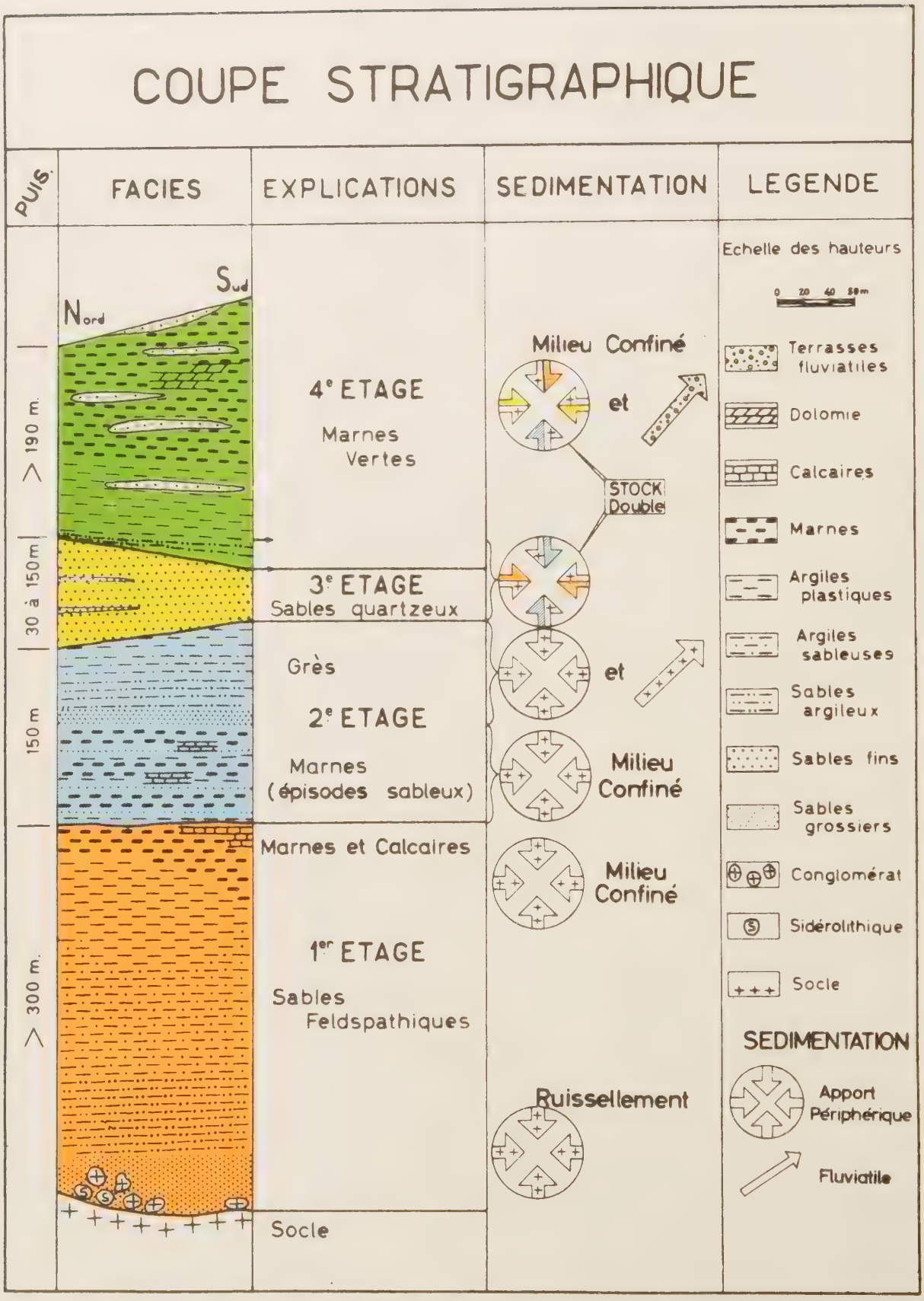

COUPE STRATIGRAPHIQUE
PUIS.
FACIES
EXPLICATIONS
SEDIMENTATION
LEGENDE
Sud
Nord
> 190 m.
30 à 150m
150 m
> 300 m.
4e ETAGE
Marnes
Vertes
3e ETAGE
Sables quartzeux
Grès
2e ETAGE
Marnes
(épisodes sableux)
Marnes et Calcaires
1er ETAGE
Sables
Feldspathiques
Socle
Milieu Confiné
et
STOCK
Double
et
Milieu
Confiné
Milieu
Confiné
Ruissellement
Echelle des hauteurs
0 20 40 50m
Terrasses
fluviatiles
Dolomie
Calcaires
Marnes
Argiles
plastiques
Argiles
sableuses
Sables
argileux
Sables fins
Sables
grossiers
Conglomérat
Sidérolithique
Socle
SEDIMENTATION
Apport
Périphérique
Fluviatile

Fig. 4

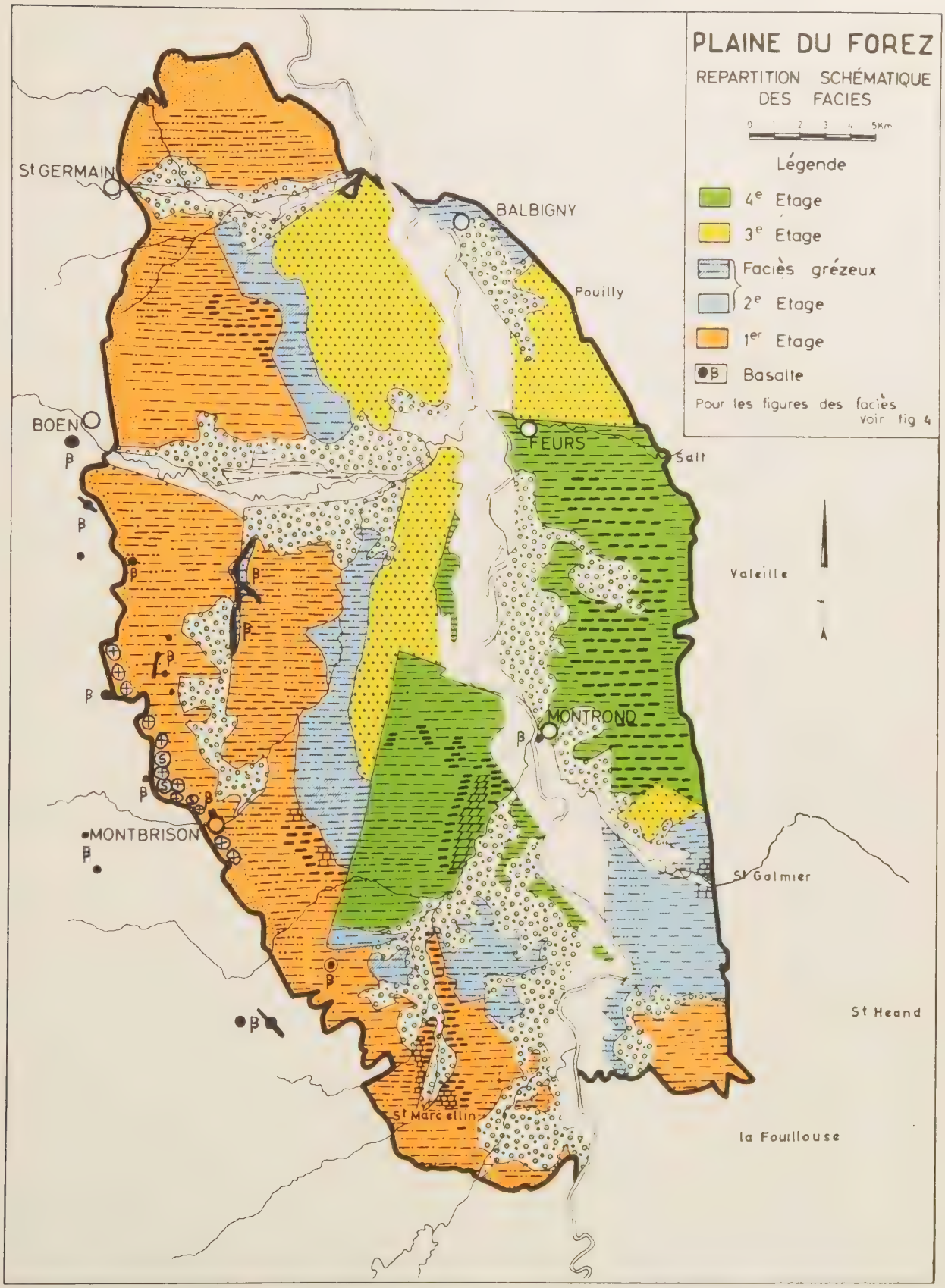

PLAINE DU FOREZ
REPARTITION SCHÉMATIQUE DES FACIES
0 1 2 3 4 5Km
Légende
4e Etage
3e Etage
Faciès grézeux
2e Etage
1er Etage
Basalte
Pour les figures des faciès voir fig 4
St GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand
St Marcellin
la Fouillouse

Fig. 5

CHAPITRE VII

VOLCANISME ET THERMALISME

1° - LES VOLCANS

De nombreux pointements volcaniques affleurent dans toute la région Sud et Sud-Ouest de la plaine, ainsi que sur la partie Sud du versant Est des MONTS DU FOREZ. Ils sont limités vers le Nord-Est par une ligne courbe passant un peu au Nord de BOEN-SUR-LIGNON, de MONTROND-LES-BAINS et de ST GALMIER. Elle se voit peu dans la morphologie du bassin, mais de part et d'autre, dans le socle, elle correspond à la dislocation qui sépare les granites viséens au Nord des terrains anciens au Sud.

Ce sont des Basaltes à nodules d'olivine. Ils sont souvent accompagnés de pépérites, sorte de grès assez grossiers, (allant même jusqu'à des brèches) et formés de fragments de basaltes et de grès dans un ciment argileux, grisâtre d'apparence vitreuse, quelquefois calcaire. Ces formations sont dues à des épanchements volcaniques dans les boues non consolidées, au fond du lac.

Les pointements basaltiques affleurent de plusieurs manières :

a - Ceux du cristallin forment des cônes assez parfaits à prismes et orgues avec quelquefois des lambeaux de coulées, dont le plus étendu dépasse 1500 m de longueur. Mais ils sont dans l'ensemble beaucoup plus réduits.

b - Ceux qui sont situés au contact du cristallin et du sédimentaire forment également des coulées dont les témoins sont assez restreints, mais qui ont protégé les sédiments de l'érosion, si bien que ceux-ci remontent un peu plus haut sur le cristallin. Les plus typiques sont le volcan de CURCIEUX qui protège les séries gréseuses où les rivières ont creusé les "Crases" et le volcan de MARCILLY-LE-PAVE, où l'on voit de très belles orgues basaltiques, et qui protège des cônes d'éboulis assez grossiers, mal cimentés par des argiles peu abondantes.

c - Les pointements situés dans la plaine ont des modes de dépôts plus divers.

- Ils peuvent former des cônes ou des buttes qui dominent la plaine et dans lesquels le basalte est massif. Les pépérites sont inexistantes ou accessoires. C'est le cas du volcan de MONTBRISON.

- Ils peuvent former encore des cônes où le basalte s'anastomose en necks et filonnets dans des pépérites qui forment alors, avec les éboulis basaltiques, l'essentiel du relief. C'est le cas du volcan du ST ROMAIN-LE-PUY qui domine la plaine d'une trentaine de mètres ; du volcan de HAUTEROCHE où les pépérites emballent de gros blocs de granite ramenés du socle ; du pointement de la COREE où les pépérites forment des couches subhorizontales emballant des bancs de blocs de quartz et de granite.

- Ailleurs, le basalte affleure sous forme de dykes dont les dimensions peuvent être importantes. Là encore, il faut faire une distinction suivant que les pépérites sont inexistantes ou accessoires ou bien qu'elles sont prépondérantes.

Aux MONTS D'UZORE, les deux occurences existent. On y distingue en effet trois dykes de directions NS, NE et SE consergeant vers un gros neck central. L'édifice formé par le dyke NS et le neck recoupe et bouleverse celui des deux dykes NE et SE. Ces deux derniers traversent les sédiments avec formation de pépérites. L'édifice NS, plus récent, les recoupe sans pépérites avec une netteté remarquable. Les bancs gréseux ne sont pas modifiés, même au contact du filon le long duquel on n'observe qu'un léger recuit de quelques centimètres au plus dans les niveaux les plus argileux. La mise en place du basalte n'a même pas modifié l'arrangement géométrique des bancs.

Dans le deuxième cas, on peut citer une crête assymétrique de direction N 10° Est, longue de plus d'un kilomètre prolongeant au Sud le pointement de MONTECEY (situé au Nord-Nord-Ouest de MONTBRISON, près de PRALONG). Cette colline est entièrement constituée de pépérites très mal consolidées avec éboulis de basaltes.

Le pointement de MONTECEY lui-même montre un type d'affleurement basaltique qui semble unique dans la plaine si on le considère à son stade actuel d'érosion. Par contre, il explique la formation des collines d'argiles à tuiles déjà signalées sur l'auréole du premier étage. Il s'agit, en effet, d'un affleurement de basalte sain passant latéralement à une zone pulvérulente verdâtre à filonnets calcaires, et surmonté par une couverture argilo-sableuse rouge brique.

En conclusion, les basaltes de la plaine se sont mis en place alors que la sédimentation n'était pas achevée. Certains ne sont pas parvenus à traverser la couverture sédimentaire et se sont consolidés en profondeur. Ce n'est que postérieurement que l'érosion en a mis un certain nombre à jour.

D'autres au contraire ont réussi à percer la couche sédimentaire et se sont épanchés sous l'eau dans des boues non encore consolidées, produisent ainsi les pépérites. C'est pourquoi ces dernières peuvent passer latéralement aux grés.

D'autres enfin, ont percé les sédiments déjà exondés et ont pu s'épancher en coulées au dessus d'eux.

Influence des basaltes sur les roches sédimentaires.

Elle est extrèmement irrégulière. Aux MONTS D'UZORE, les grés ne sont absolument pas affectés alors qu'en contrebas des argiles sableuses sont parcourues de filonnets de calcaire pulvérulent et imprégnées de carbonates. Or, des filonnets de ce même calcaire pulvérulent se retrouvent dans les laves elles-mêmes. Il y a donc calcarification de la roche à partir des basaltes, mais irrégulière et n'affectant que certaines roches sans règles précises.

Près de la COREE, les pépérites passent latéralement à de véritables grés, et les grés qui ont été protégés par le volcan de CURCIEUX passent latéralement aux sables argileux de la base du premier étage. Cette induration est assez fréquente, mais il est impossible de dire si elle est dûe à l'action des basaltes ou non.

D'autre part, les affleurements d'argile rouge qui forment toujours des reliefs allongés masquent des filons basaltiques comme le montre l'affleurement visible de MONTECEY. Les basaltes ont modifié la roche au dessus d'eux en la rubéfiant. Là encore, la morphologie caractéristique de ces formations fait penser à une induration.

Enfin, contrairement à ce qui se passe aux MONTS D'UZORE, certains volcans, comme celui de MONTVERDUN, ont eu une action mécanique sur les sédiments en déplaçant de gros blocs d'argiles sableuses.

2° - LES SOURCES MINERALES.

On en note un certain nombre dans la plaine. Tout comme les volcans elles sont cantonnées au Sud et au Sud-Est et semblent limitées vers le Nord-Ouest par cette ligne BOEN S/LIGNON, MONTROND-LES-BAINS. Les sources les plus importantes sont celles de SAIL-SOUS-COUZAN, (dans le cristallin légèrement à l'Ouest de BOEN-SUR-LIGNON), de MONTBRISON, de ST ROMAIN-LE-PUY, de ST GALMIER, de MONTROND-LES-BAINS. Un certain nombre d'autres petites sources offrent un intérêt moindre.

Les sources de SAIL-SOUS-COUZAN sont froides, et essentiellement bicarbonatées (sodium, potassium, calcium, magnésium). Les sources de MONTBRISON sont également froides et carbonatées (sodium essentiellement, calcium, magnésium). La source ST ROMAIN-LE-PUY est froide, essentiellement bicarbonatée et sodique. Les sources de ST GALMIER sont également froides, bicarbonatées (calcium, sodium, magnésium). La source de MONTROND-LES-BAINS est chaude (captée à 500 m dans le sondage de MONTROND-LES-BAINS), elle est extrèmement sodique. C'est même la plus sodique de toutes les sources de la région. Un tableau, à la fin de ce chapitre, résume et complète ces indications.

Le caractère commun à toutes ces sources est d'avoir été captées dans les couches sableuses tout près de pointements basaltiques, mise à part à la source de ST GALMIER qui provient de la faille

bordière orientale. Les eaux des nappes aquifères qui suivent ces couches sableuses ne perdent d'ailleurs pas leur caractère minéral et quelquefois gazeux. Il s'atténue simplement au fur et à mesure que l'on s'éloigne des volcans.

Donc, si l'action des basaltes sur les sédiments a été irrégulière, celle qu'ils ont sur les eaux est beaucoup plus constante, que ces eaux proviennent de nappes phréatiques, sub-artésiennes, ou même nettement artésiennes. C'est ainsi que toutes les eaux de la plaine dans la partie Sud et Sud-Ouest, mise à part le cours souterrain de la Loire sont nettement sodiques. (Elles sont en outre à un dégré moindre potassique et calciques).

D'autre part, si l'action directe des basaltes sur les sédiments est relativement assez discrète et localisée celle qu'elle exerce par l'intermédiaire des eaux, du fait même que ces eaux circulent, est beaucoup plus étendue. On peut considérer qu'elles ont agrandi le rayon d'action, chimique des basaltes : elles sont certainement à l'origine de l'analcine que l'on a trouvé dans les argiles du quatrième étage (il se peut qu'il y en ait également dans les argiles des autres étages qui n'ont pas été autant étudiés).

En même temps, les pyrites nombreuses dans les argiles du quatrième étage, sont probablement avec les eaux à l'origine du gypse que l'on a plusieurs fois trouvé dans les argiles.

LES SOURCES MINERALES DE LA PLAINE DU FOREZ

Localité	Débit	Température	Profondeur du captage	Accident ou formation proche	Eléments dominants
SAIL-SOUS-COUZAN (2 sources	moyen	froide		fracture NO et petits volcans basaltiques.	Bicarbonates de soude, calcium, magnésium, potassium.
MONTBRISON (3 sources)	faible à moyen	froide		volcan basaltique	Carbonates de Sodium, calcium, magnésium.
ST ROMAIN-LE-PUY	abondant	froide	16 m	Volcan basalte et pépérites	Bicarbonates de Sodium, calcium, magnésium, potassium.
MONTROND-LES-BAINS (source Geyser)	1751/min.	26°	475 m	Basalte et pépérites	Bicarbonates de Sodium (4 gr 577 au litre)
ST GALMIER (13 sources dont la BADOIT)	très abondant	froide	200 m ?	grande faille bordière orientale	Bicarbonates de calcium, Sodium, magnésium, strontium.

En résumé, le volcanisme de la plaine du FOREZ se traduit par de nombreux pointements basaltiques, souvent accompagnés de pépérites et localisés au Sud-Ouest d'une ligne BOEN-SUR-LIGNON-MONTROND-LES-BAINS.

Sur le socle cristallin, on retrouve des restes de cônes éruptifs et de coulées. Au contact du sédimentaire, des lambeaux de ces coulées ont protégé les sédiments de l'érosion montrant ainsi la hauteur où ils se sont élevés sur les flancs du FOREZ. Dans la plaine, certains n'ont pas pu traverser les sédiments et se se sont consolidés en profondeur, le plus souvent en gros filons. D'autres ont pu traverser et se sont épanchés sous l'eau, dans les boues non encore consolidées, formant ainsi des pépérites. Rares sont ceux qui ont pu traverser des sédiments déjà exondés.

L'influence des basaltes sur les roches sédimentaires semble irrégulière, discrète et très localisée. Il semble qu'elle ait pu se traduire par une induration de la roche. Les basaltes qui n'ont pas traversé la couverture sédimentaire semblent avoir eu un effet plus important. Ils doivent être la cause de la transformation des argiles susjacentes en argiles rouges à tuiles qui affleurent en formant des reliefs allongés dans la plaine.

CHAPITRE VIII

AGE DES FORMATIONS

Un des traits caractéristiques de la plaine du FOREZ est de contenir très peu de restes d'organismes, peu représentatifs et en mauvais état. Elle est par conséquent très difficile à dater par les fossiles.

LE VERRIER, par analogies avec les arkoses de la Limagne assimilait le premier étage à du Tongrien. (Le tongrien est à la base de la transgression sanoisienne Belge). Pour les étages supérieurs, il s'était basé sur des restes fossiles sans caractère bien net (CYPRIS FABA) et quelques très rares gastréropodes tout à fait déformés, (POTAMIDES LAMARCKI) et en avait fait de l'Aquitanien. (voir chapitre II).

Dans l'édition de 1941 de la carte géologique détaillée de la France au 1/80.000è, feuille de MONTBRISON, l'étage de base est donné comme Sanoisien - Stampien. Les autres étages sont datés selon les mêmes fossiles que LE VERRIER, mais on leur a donné un caractère général qui ne semble pas reflèter la réalité puisque les "Potamides" n'ont été trouvés qu'en un seul endroit, près de ST CYPRIEN. (voir chapitre II).

Une étude plus récente a été publiée par C. BOBIER et L. GLANGEAUD. En étudiant le paléomagnétisme des basaltes, ils ont déterminé, dans la région, trois séries d'éruptions : oligocène supérieur, miocène inférieur et moyen, ponto-pliocène (cette dernière ne semble affecter que les MONTS DU FOREZ en dehors de la plaine). Cette méthode semble moins aléatoire que les analogies avec d'autres plaines où que les déterminations de fossiles extrèmement rares et déformés, mais elle donne des datations plus imprécises. Cependant, on peut en tirer des renseignements très utiles : par exemple que ce sont des basaltes considérés comme oligocène supérieur qui ont recoupé en premier des grès attribués au deuxième étage dans les MONTS D'UZORE ; ceci avec formations de pépérites qui sembleraient indiquer une contemporainefté (voir le chapitre VII).

C'est surtout lorsqu'on fera intervenir les âges des éruptions basaltiques dans la succession des évènements stratigraphiques et tectoniques que ces renseignements seront utiles.

Enfin, plus récemment, deux études ont été demandées par le CEA à des laboratoires spécialisés. Puisqu'aucun fossile nouveau n'avait été trouvé depuis LE VERRIER, on a décidé de faire appel à la palynologie.

Une première étude palynologique a été faite en 1962 au Laboratoire de géologie et de Palynologie de STRASBOURG sur 4 échantillons de surface, dont deux d'argiles sableuses du deuxième étage et deux autres d'argiles du quatrième étage. Sans que cela soit catégorique, il est apparu que les deux derniers pouvaient être plus récents que les deux premiers. Cela n'est pas pour étonner, mais montre que la méthode est valable dans la plaine. D'ailleurs, la conclusion du rapport était la suivante : "Quatre échantillons isolés, provenant d'une région non encore étudiée, ne permettent pas d'avancer des conclusions stratigraphiques précises. S'il le fallait, on pourrait leur attribuer un âge probablement miocène inférieur ou moyen". (Cette conclusion traitait plus spécialement du quatrième étage).

La deuxième étude palynologique a été entreprise au centre de Recherches Stratigraphiques de la SNPA à PAU. Huit échantillons, provenant du sondage carotté CEA 3016 s'étageant de 0 à 60 m, ont été étudiés. Ces échantillons sont stériles en microfaune, mais ont livré une microflore abondante et bien conservée. L'échantillon le plus profond, pris dans le deuxième étage, se dissocie des autres qui sont pris au sommet du troisième étage et à la base du quatrième. Cela confirme ce qu'avait montré la première étude palynologique de STRASBOURG.

Là encore, on n'a pas pu préciser l'âge oligomiocène attribué à ces formations, mais la coupure observée au niveau de l'échantillon du deuxième étage, serait susceptible de confirmer la pré-

sence d'une limite entre des horizons stratigraphiques différents (oligocène, miocène par exemple).

En utilisant alternativement ces diverses données, j'ai pu établir une chronologie assez précise des diverses phases de la formation de la plaine.

Tout d'abord, on a vu que les argiles rouges ainsi que certains éléments du conglomérat de la base du premier étage proviennent de la destruction de sols ferrugineux de climat chaud. Les formations de ce type les plus rapprochées dans le temps sont celles du sidérolithique que l'on s'accorde à placer dans le Sannoisien. D'autre part, le mélange intime de ces argiles et blocs rouges avec des matériaux provenant du socle lui même (sables et galets) montre que la sédimentation de la base de ce premier étage a débuté rapidement dès le début de la surrection du Forez. Or, cette surrection a eu un caractère très régional. Elle me permet donc de raisonner par analogie avec la Limagne d'Auvergne. Là, les références me manquent pas : en 1946, dans sa "Géologie de l'Auvergne, J. JUNG situe les premiers dépôts au Stampien. Dans une étude plus récente, en 1962, R. REY précise qu'ils "correspondent à un Stampien élevé". C'est donc à la même époque que l'on peut faire débuter l'histoire de la plaine du FOREZ.

La première partie du deuxième étage est encore Stampienne. En effet, c'est dans des grès à ciment calcaire de cette formation qu'ont été trouvés les Potamides Lamarcki.

Juste au dessus, je placerai les grès de VEAUCHE dans l'Aquitanien. En effet, les Basaltes qui les recoupent aux Monts d'UZORE sont accompangés de Pépérites. Or, l'étude de L. GLANGEAUD et M. BOBIER leur attribue un âge Oligocène supérieur.

La Palynologie confirme cette datation en indiquant la possibilité d'une limite Oligocène Miocène entre le deuxième et le troisième étage.

Ce troisième étage, transgressif sur les grès de VEAUCHE et dont les caractères s'écartent des dépôts observés dans les autres Limagnes débuterait donc dès le Miocène.

Le quatrième étage, contemporain des premières terrasses fluviatiles, prendrait donc la suite. Sa sédimentation ; plus calme, semble avoir duré longtemps. Or à MONTROND-LES-BAINS, des basaltes sont intercalés dans les marnes et liés à des pépérites. Il doit donc s'agir de basalte du Miocène, probablement moyen.

<u>En résumé</u>, les âges des formations sédimentaires de la plaine du FOREZ sont déduits d'analogies régionales avec les autres Limagnes, basés sur quelques fossiles assez douteux et sur des études paléomagnétiques des basaltes, (moins aléatoires mais plus vagues) et semblent enfin confirmés par des études palynologiques.

La sédimentation du premier étage s'est faite au Stampien. Ensuite, celle de la première partie du deuxième étage semble s'être terminée avant l'Aquitanien, au cours duquel s'est déposée la 2ème partie, celle des grès de VEAUCHE. Le troisième étage a pu commencer au début du Miocène. Le dépôt du quatrième étage a pu être très long et s'être poursuivi assez tard dans cette période Miocène, peut-être jusqu'au Pontien.

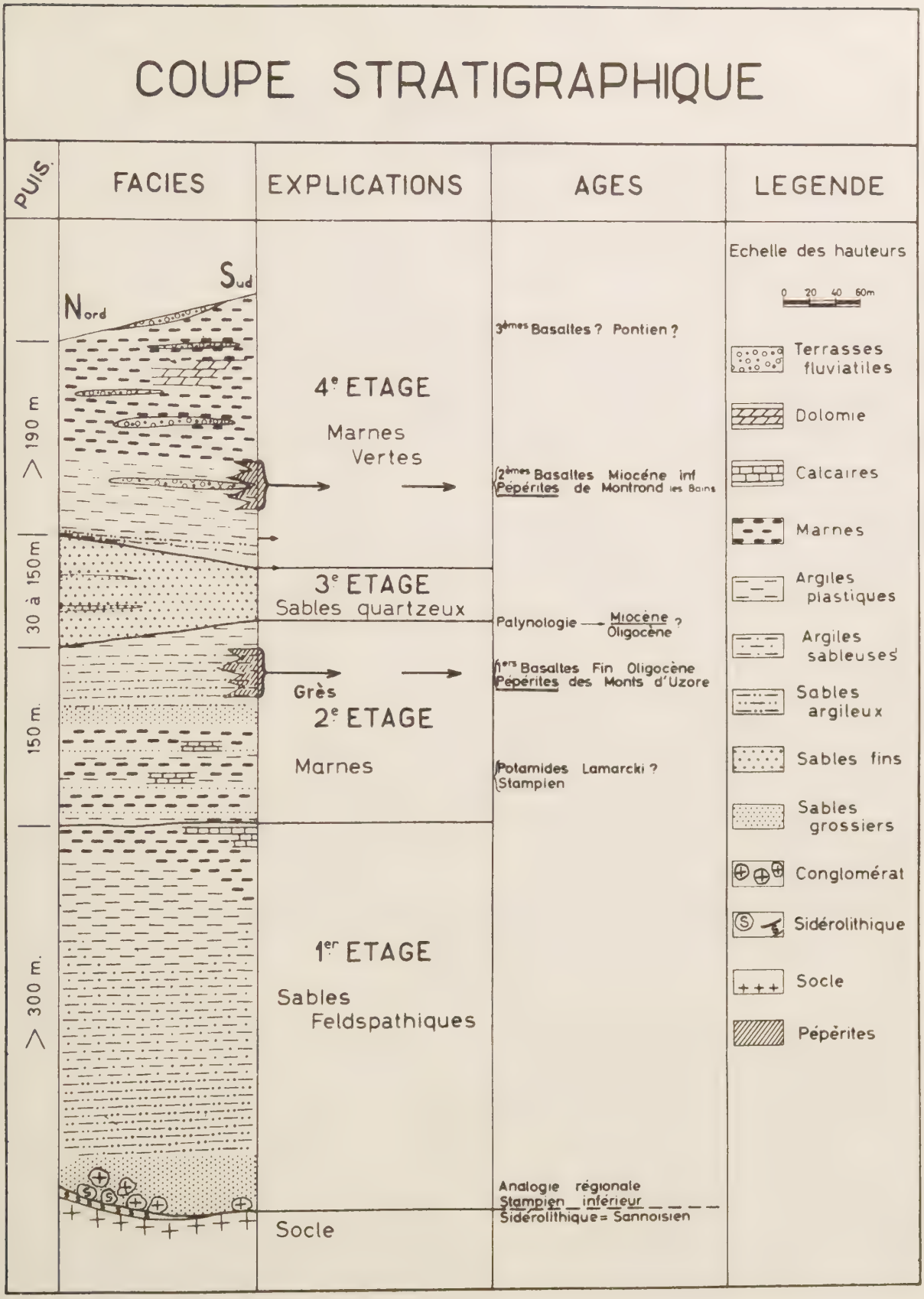

COUPE STRATIGRAPHIQUE
PUIS.
FACIES
EXPLICATIONS
AGES
LEGENDE
Sud
Nord
> 190 m
30 à 150 m
150 m.
> 300 m.
4e ETAGE
Marnes
Vertes
3e ETAGE
Sables quartzeux
Grès
2e ETAGE
Marnes
1er ETAGE
Sables
Feldspathiques
Socle
3èmes Basaltes ? Pontien ?
2èmes Basaltes Miocène inf
Pépérites de Montrond les Bains
Palynologie → Miocène ? / Oligocène
1ers Basaltes Fin Oligocène
Pépérites des Monts d'Uzore
Potamides Lamarcki ?
Stampien
Analogie régionale
Stampien inférieur
Sidérolithique = Sannoisien
Echelle des hauteurs
0 20 40 60m
Terrasses fluviatiles
Dolomie
Calcaires
Marnes
Argiles plastiques
Argiles sableuses
Sables argileux
Sables fins
Sables grossiers
Conglomérat
Sidérolithique
Socle
Pépérites

Fig. 7

CHAPITRE IX

ÉTUDE STRUCTURALE

Jusqu'à présent, la plaine a été étudiée séparément dans les plans horizontaux et verticaux. Dans le plan horizontal, on a fait la description des bordures, des coupes transversales et longitudinales, des auréoles que forment les affleurements des étages. Dans le plan vertical, on a étudié la série stratigraphique à partir des sondages profonds. Il reste maintenant à reprendre simultanément ces descriptions en essayant de dégager le rôle de la tectonique. Autrement dit, il faut maintenant étudier les accidents et leurs actions pour arriver à l'histoire proprement dite de la formation de la plaine.

Ce chapître sera divisé en trois parties :

1°/ Les moyens et les méthodes employés pour cette étude.

2°/ Un essai de classification des divers accidents tectoniques.

3°/ La description structurale de la plaine.

1°/ LES MOYENS ET METHODES.

Ils ont été assez nombreux et chacun est insuffisant. Ce n'est qu'en les superposant les uns aux autres que l'on peut arriver à une solution, encore incomplète, mais déjà assez avancée.

a - Bibliographie. Dans l'ensemble elle est pauvre et on ne peut citer que les notes de LE VERRIER et l'étude de C. BOBIER et L. GLANGEAUD.

LE VERRIER avait annoncé quelques-unes des grandes failles de la plaine, mais sans en indiquer l'emplacement ni la direction exacte. Par contre, le grand mérite de cet auteur a été dès 1890 d'avoir pressenti l'assymétrie de la plaine ainsi que certaines origines de cette assymétrie.

Dans leur étude sur le géodynamisme et le volcanisme du fossé de MONTBRISON et du horst du FOREZ, C. BOBIER et L. GLANGEAUD ont donné un remarquable résumé de l'évolution morphotectonique et vulcanologique du Sud-Ouest de la plaine et du versant des MONTS DU FOREZ correspondants. Cette étude a aidé à établir la chronologie non seulement des dépôts, mais encore des phases tectoniques.

b - L'étude géologique.

Tout d'abord l'étude de la carte des faciès lithologiques, telle qu'elle a été fournie sans interprétation par la campagne d'affleurements artificiels a montré des séries de contacts alignés qui ont permis de trouver ou de confirmer presque toutes les grandes failles de bordure, ainsi que plusieurs accidents à l'intérieur de la plaine. Deux très bons exemples sont fournis : l'un par la grande faille N. 10E° qui limite à l'Ouest le quatrième étage entre CHAMBEON et ST ROMAIN-LE-PUY, l'autre par la faille N. 25° Ouest, dite de "l'ISABLE" qui sépare les premier et deuxième étages depuis POMMIER jusqu'au VIZEZY.

D'autre part, les coupes géologiques, rendues plus sûres grâce aux quelques sondages profonds et aux sondages carottés effectués sur le gisement, ont pu préciser les rejets de plusieurs de ces failles, ainsi qu'évaluer les puissances des étages en divers endroits. C'est le cas de la grande coupe longitudinale Nord-Sud (coupe A - B), construite grâce aux observations de surface et également grâce aux coupes transversales qui l'intersectent en trois points. Elle montre d'une part un double enfoncement du socle, dont l'un est situé à la hauteur de STE FOY - ST SULPICE, et l'autre plus au Sud à la hauteur de GREZIEUX. Elle montre d'autre part les deuxième et troisième étages

diminuant de puissance pour disparaître finalement l'un vers le Nord et l'autre vers le Sud. Toutes ces constatations seront très utiles pour expliquer la morphologie de la plaine.

Enfin un examen approfondi de la forme des auréoles décrites par les différents étages a permis de comprendre en partie l'histoire de la sédimentation et la structure transversale de la plaine. De plus, elle montre nettement les transgressions du deuxième étage vers le Sud et du troisième étage vers le Nord, ces deux transgressions se faisant jusqu'au socle.

c - L'étude géochimique a permis elle aussi de pressentir certaines failles avec assez de précisions et de prévoir les sens du rejet de ces failles. En effet, il n'est pas rare de voir au mur des accidents le clarke augmenter brusquement ou même des anomalies apparaître. C'est ainsi que toute l'enveloppe géochimique du gîte de GREZIEUX se trouve parfaitement bien inscrite dans un grand quadrilatère. Il est fermé sur trois côtés par des failles et sur un quatrième par la Loire elle-même, certainement faillée à cet endroit. L'accident qui limite à l'Ouest ce quadrilatère est d'ailleurs le même que celui repéré par l'étude des affleurements artificiels entre CHAMBEON et PRECIEUX. D'autre part, dans le Nord de la plaine, on voit très bien un groupe important d'anomalies situées au Sud-Est de ST GERMAIN-LAVAL se limiter à l'Est suivant une ligne droite N. 25° Ouest. Cette ligne correspond à la faille de l'ISABLE. Un peu plus à l'Est le mouvement propre lui-même baisse à partir d'une ligne Nord-Sud.

Il faut remarquer cependant que dans plusieurs cas, l'apparition des anomalies géochimiques correspond à une limite géologique.

d - Les études géophysiques ont peu aidé dans l'ensemble parce qu'elles ont été faites sur le seul gisement de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. Elles sont donc très localisées. La carte gravimétrique BRGM n'intéresse que l'extrême Nord de la plaine. Elle ne descend pas au Sud d'une ligne allant de ST GERMAIN LAVAL à FEURS. Elle a bien été complétée par trois profils parallèles effectués le long de la route de MONTBRISON à MONTROND-LES-BAINS, mais ceci ne constituait en soi qu'un essai, insuffisant.

La campagne des carottages électriques faits dans les trous non carottés des sondages du gisement a été très utile pour l'étude de ce dernier. Mais elle est trop localisée pour avoir beaucoup aidé à l'étude tectonique de l'ensemble de la plaine. Elle a cependant permis d'évaluer les rejets de la grande faille Nord 10° Ouest de CHAMBEON à PRECIEUX : ces rejets sont de 30 m au Sud et de 5 à 10 m au Nord. Elle a aussi permis d'évaluer le rejet total des failles Est-Ouest qui limitent les deux compartiments sud, c'est-à-dire des failles de PRECIEUX. Ce rejet est d'une cinquantaine de mètres.

e - L'étude photogéologique a certainement, de toutes les méthodes employées, été la plus productive. Bien que gênée par le manque de relief de la plaine et par la monotonie des faciès qui affleurent, c'est elle qui a cependant montré le maximum d'accidents (failles franches, flexures, failles rajeunies, failles de tassement etc...). Mais elle n'a pas permis de distinguer ces diverses catégories de failles et d'accidents entre eux. Elle n'a pas non plus donné une hiérarchie de ces accidents.

f - L'étude morphologique au contraire a permis de repérer les structures principales et d'en donner la hiérarchie. A la base même de cette étude, on a replacé la plaine dans un cadre rigide tracé par les grands accidents régionaux du socle que l'on connaît bien maintenant grâce à l'étude géologique de l'ensemble des massifs qui entourent la plaine.

A côté de ces grands accidents majeurs, qui ne peuvent être connus que par une étude régionale, un examen approfondi des bordures a conduit à la découverte d'accidents beaucoup moins importants, mais qui ont eu une action non négligeable sur la morphologie superficielle de la plaine.

Il est bon maintenant d'ouvrir une parenthèse pour dire que, si les tectoniques anciennes sont les plus utiles pour bien comprendre les massifs cristallins de la région, la tectonique la plus récente (alpine) est par contre celle qui doit régir la morphologie des bassins tertiaires.

Mais il a été assez difficile de suivre ces accidents du socle dans la plaine. En effet, tout comme pour la photogéologie, l'étude morphologique directe dans les sédiments a été génée pour les deux raisons suivantes :

1/ L'érosion semble avoir enlevé par endroits une puissance de sédiments supérieure à 100 ou 150 mètres. C'est en effet la différence d'altitude qui existe, aux MONTS D'UZORE entre le niveau actuel de la plaine et le niveau supérieur des grès qui ont été protégés par les dykes basaltiques. Ce niveau supérieur doit être à peu près celui d'origine car il est difficile d'invoquer un soulèvement tectonique. En effet, on a vu que les couches étaient restées subhorizontales et très calmes. Elles semblent coupées comme à l'emporte pièce par les filons de basalte. D'autre part,

la coupe géologique EF montre une concordance parfaite entre ces grès et les argiles sableuses du même étage qui affleurent à l'Est.

2/ Le deuxième facteur qui a géné cette étude est la monotonie des faciès qui affleurent dans la plaine. Cette monotonie n'a pas permis à l'érosion de remodeler la plaine, selon son schéma structural. Cependant, certaines structures importantes demeurent très apparentes.

L'étude morphologique a donc permis de distinguer trois sortes d'accidents :

Les grands accidents majeurs ou régionaux, surtout visibles à l'échelle de la région entière. Ils ont participé directement à l'effondrement en agissant en particulier sur le socle. Par contre, ils n'ont pas eu d'action très spectaculaire sur les déformations qu'ont pu subir les couches sédimentaires. En conséquence, ils sont en général peu visibles dans la morphologie de la plaine.

Les accidents importants affectent eux aussi le socle, mais pas d'une façon fondamentale. Ils parachèvent l'action des précédents, en répartissent les effets sur des séries de rejets moins importants. Ils "adoucissent les angles" en quelque sorte. Ils affectent également les terrains sédimentaires et sont donc en général visibles dans la morphologie de la plaine.

Les accidents mineurs affectent aussi bien le socle que les sédiments mais n'ont, le plus souvent qu'un intérêt local. Dans cette catégorie rentrent également bon nombre de failles de tassement. Ils sont surtout visibles sur les bordures où ils ont des directions transversales aux accidents majeurs et importants. Ils arrivent à masquer ces derniers dans la morphologie du socle. A partir des bordures, on les suit un peu dans la plaine où ils disparaissent assez vite.

2°/ LES FAILLES ET LA TECTONIQUE.

Les accidents qui ont intéressé la plaine du FOREZ sont d'âge alpin ; ce sont donc ou bien de nouveaux accidents formés lors de l'orogénie Alpine, ou des structures plus anciennes (hercyniennes par exemple) qui ont rejoué au tertiaire.

D'autre part, si tous ces accidents se traduisent, dans le socle par des failles cassantes ou des zones broyées, il n'en est pas de même dans la plaine où la plasticité des sédiments devrait plus naturellement donner des flexures. Et pourtant quelques rares exemples concrets ont montré des cassures très franches de faibles rejets.

Il est souvent difficile de distinguer les accidents causés par des failles du socle de ceux qui sont dûs aux tassements des sédiments. D'ailleurs, il ne doit pas y avoir de limite franche entre les deux, car bien souvent un accident du socle peut fort bien déclencher une faille de tassement. On se trouve là devant un problème important pour la tectonique des Limagnes, qui est de savoir comment se propage le rejet d'une faille du socle en montant dans les sédiments. On sait qu'elle doit se "réfracter", mais il est encore malaisé de prévoir l'angle. Quelquefois il y a diffraction, si bien qu'en surface on peut observer plusieurs accidents, mais ceci n'est qu'un cas extrême. Dans le cas de la réfraction, du fait même qu'en allant vers le centre de la plaine, les sédiments augmentent de puissance, on conçoit aisément que la direction de l'accident doit s'incurver de plus en plus, le plus souvent vers son mur.

L'âge des failles pose aussi des problèmes. Certaines n'ont joué qu'à l'origine de l'effondrement et ne se sont plus manifestées au cours de la sédimentation. C'est souvent le cas des accidents majeurs. D'autres au contraire ont joué pendant la sédimentation. On le voit bien dans les coupes de gisement, ou certains accidents affectent un étage sans avoir aucune influence sur l'étage supérieur. D'autres encore ont rejoué jusqu'à la fin de la sédimentation. C'est le cas de quelques failles NS et NO de la vallée de la Loire que l'on voit décaler les terrasses les plus récentes (le rejet peut atteindre une vingtaine de mètres dans le Sud de la plaine).

Plusieurs failles enfin ont été rajeunies par l'Erosion. Des changements dans les profils d'équilibres de la Loire et de ses affluents les ont rendues très nettement visibles dans la morphologie. L'érosion qui en a dégagé une des lèvres a été suivie d'un comblement par des alluvions récentes. Les sédiments dominent alors les flats actuels par des gradins rectilignes.

Voici maintenant une description des fractures les plus marquantes repérées dans la plaine. Elles sont groupées par familles selon leur direction. A l'intérieur de ces familles, elles sont classées selon leur hiérarchie. Chaque fois que cela est possible, j'ai indiqué les époques où elles ont rejoué et les déformations qu'elles ont causées. Ceci a donc entraîné une longue série de descriptions, nécessaires pour arriver à dégager le caractère général de chaque famille. Aussi, ces caractères généraux ont été repris dans le résumé et un essai de synthèse a été fait dans la conclu-

sion qui suit.

La figure 8, à la fin du résumé de ce chapitre montre le rôle régional des grandes structures majeures. En effet, ces structures sont souvent peu visibles dans la morphologie de la plaine. Au contraire, hors de la zone d'effondrement, elles sont remarquables et bien connues dans la morphologie du socle.

En outre, pour faciliter la lecture du texte qui suit, j'ai indiqué pour chaque accident majeur un renvoi à cette figure 8. Ce renvoi est représenté par une lettre majuscule, à la fois dans le texte et sur le plan.

On retrouvera ces lettres sur la fig. 8 bis, qui montre tous les accidents, mais sans sortir des limites du bassin.

A/ Accidents de directions Nord 5° à 15° Ouest.

Ce faisceau comprend quatre accidents majeurs :

a - Tout à fait à l'Ouest, une grande faille N13° Ouest passe à 2,5 km à l'Ouest de BOEN-SUR-LIGNON et se poursuit vers le Sud-Sud-Est par le village de SOLEYMIEUX. C'est le prolongement Sud de la faille de ST RIRAND, la CROIX TREVINGT en MONTAGNE BOURBONNAISE. Elle ne pénètre pas dans le périmètre actuel de la plaine, mais limite vers l'Ouest les lambeaux de la "Cuirasse Forézienne". (voir D - fig. 8).

b - Plus à l'Est, un deuxième grand accident passe par ST GERMAIN LAVAL. Sa direction est N.15° Ouest dans la région étudiée. C'est le prolongement Sud de la faille qui borde à l'Est la MONTAGNE BOURBONNAISE. Elle n'est pas visible au delà des MONTS D'UZORE, mais on retrouve bien son influence sur la bordure Sud de la plaine (voir C - fig. 8).

c - Plus à l'Est encore, on arrive au Grand Rhegme de la Loire de direction N10° Ouest. J'appelle ainsi cette structure parce que ses caractéristiques la rapprochent du type Rhegmatique décrit par SONDER en 1956. En effet rien n'indique qu'il s'agit d'une faille franche. C'est le sillon que suit le cours général du fleuve tout au long de sa traversée de la plaine. Il se retrouve d'ailleurs dans le prolongement de ce sillon dans la plaine de ROANNE. Sur près de 120 kilomètres, le cours du fleuve est donc rectiligne avec une seule interruption au passage du seuil de NEULISE. C'est dire l'importance de cet accident. D'autre part, les mesures gravimétriques, bien que trop localisées montrent que ce sillon correspond à l'enfoncement maximum du socle à la façon d'une clef de voute renversée. Ainsi, sans qu'on observe une fracturation franche, les sédiments dont l'épaisseur atteint à cet endroit 500 à 600 mètres sont pliés et la Loire ne s'en écarte pas. Dans le détail cependant, le fleuve décrit de nombreux méandres d'allure structurale. Les directions suivies par le lit même rappellent à peu près toutes les directions tectoniques que l'on connait dans cette partie de la plaine. La plus visible est la direction Nord-Sud. Les failles Nord-Sud semblent se relayer selon l'orientation générale Nord 10° Ouest du Rhegme. Il est possible qu'à proximité de l'accident majeur, certaines failles NS lui deviennent parallèles, comme c'est le cas à MARCLOPT (voir A - fig. 8).

d - Le grand accident de la bordure Est a une direction générale Nord 5° à 6° Ouest. Il est formé lui aussi d'une succession de tronçons Nord-Sud décalés par des failles obliques. Sur toute la longueur de la bordure faillée de la plaine, la direction Nord 6° Ouest ne se remarque que dans la morphologie car elle est masquée par les tronçons Nord-Sud. Mais plus au Nord, on peut la suivre avec plus ou moins de netteté jusqu'à ROSIER-EN-DONZY et au delà. Au Sud, on la retrouve assez bien dans le bassin stéphanien. Elle disparaît dans le massif du PILAT, mais se retrouve bien visible à une vingtaine de kilomètres au Sud de ST ETIENNE (voir B - fig. 8).

La direction N5° à 15° Ouest est également celle d'un certain nombre d'accidents importants, surtout près des bords de la plaine. C'est ainsi que l'un d'entre eux perturbe la régularité de l'axe qui suit la bordure Nord-Est (au Nord-Est et à l'Est de FEURS). Un autre décale le contact micro-granite - sédimentaire au Nord, près d'AMIONS. Un autre forme un des rares tronçons faillés de la bordure Ouest, au Nord de BOEN. Plusieurs autres enfin affectent le sud de la plaine, dans la région de SURY-LE-COMTAL où ils relèvent un panneau de calcaires du premier étage.

L'étude de la tectonique régionale montre que cette famille d'accidents est spécifique du contre-coup Alpin dans cette partie du Massif Central. Elle s'est formée avec la grande surrection Oligocène. Les accidents majeurs ont donc commencé à jouer dès le début de l'histoire de la plaine, déterminant et dirigeant simultanément la surrection du FOREZ et l'effondrement de la cuvette. Dès le début du Stampien, le socle s'est cassé suivant le Rhegme de la Loire. Par la suite, cette grande structure, la plus importante, a continué à fonctionner en charnière abaissant le fond du bassin

pendant toute la sédimentation. Elle l'a fait progressivement puisque les couches sédimentaires qui reposent au dessus ont été pliées, mais non bouleversées. La faille de ST GERMAIN-LAVAL que l'on perd aux MONTS D'UZORE et dont on retrouve l'action dans le Sud de la plaine n'affecte donc qu'une partie du premier étage. Elle a joué dès le début de la subsidence, puis s'est arrêtée pendant le Stampien moyen et n'a plus rejoué après. Par contre, la grande structure bordière Est n'a vraiment agi, que très tard, puisqu'elle recoupe tous les étages, y compris le dernier. On ne peut rien dire de la faille de BOEN, qui n'affecte pas les couches sédimentaires et dont l'action ne peut être datée.

De leur côté, les failles importantes dont l'effet se remarque surtout sur les bordures et dans l'auréole du premier étage n'ont pas du, pour la plupart, rejouer après le Stampien inférieur.

Par conséquent, ces accidents alpins ont joué dès le début du Stampien et jusqu'à la fin de la surrection du FOREZ et de la subsidence des Limagnes. Ils l'ont fait soit ensemble, soit séparément. Les uns ont rejoué pendant toute l'histoire de la formation de la plaine. Ils l'ont fait assez progressivement atténuant dans une certaine mesure les reprises brutales de l'orogénie alpine. Les autres se sont arrêtés très vite. D'autres enfin n'ont agit que très tardivement. Ces derniers semblent avoir rejoué brutalement obéissant davantage aux paroxysmes orogéniques.

Les accidents de direction N75° à 85° Est, qui sont les complémentaires des précédents sont sont assez peu nombreux. Quelques accidents importants apparaissent cependant.

C'est d'abord une faille située près de la bordure Ouest, un peu au Nord de PRALONG à 9 km au Nord-Nord-Ouest de MONTBRISON. Elle a une direction N.75° Est près du contact et tourne vers le Nord-Est jusqu'à atteindre N65° Est vers le centre de la plaine. Elle s'incurve donc vers son mur. Son action se fait surtout sentir à l'Ouest et s'atténue vers l'Est. Elle affecte le contact et plusieurs structures N10° Est, la partie Sud étant décalée vers l'Ouest. C'est le cas du dyke des MONTS D'UZORE.

Trois autres failles sont également bien nettes dans le Nord de la plaine qu'elles traversent de part en part. L'une d'elles modifie assez profondèment le tracé du contact Nord-Est au Nord de BALBIGNY.

Dans le Sud de la plaine, plusieurs failles décalent le contact granite sédimentaire. Elles sont responsables d'une assez large avancée du granite au Sud de ST ROMAIN-LE-PUY. Elles font en outre remonter plusieurs panneaux de calcaires et d'argiles rouges du sommet du premier étage. Leur action semble s'arrêter dès que l'on pénètre dans le deuxième étage.

Enfin, plusieurs accidents mineurs décalent les tronçons de la bordure Nord-Est.

Tout comme pour les structures N5° à 15° Ouest, on distingue plusieurs paroxysmes nets dans la chronologie des actions de ces accidents. Les uns n'affectent que le premier étage et n'ont donc joué qu'une seule fois dans l'Oligocène. D'autres ont rejoué très tardivement puisqu'ils affectent le quatrième étage.

B/ Les accidents de direction N40° à 45° Ouest.

Selon ces directions, ont observe trois accidents majeurs.

Le premier est une grande structure Nord 40° Ouest qui souligne la bordure Nord-Est de la plaine de VALEILLE à BALBIGNY. (A vrai dire, le contact décrit au Nord-Est de cette structure une sorte de grand arc plat par le jeu d'un faisceau Nord 25 à 50° Ouest). Elle se voit peu dans le sédimentaire, mais vers le Nord-Ouest, elle est suivie par la vallée de la Loire tout au long de sa traversée du seuil de NEULISE. Vers le Sud-Est, son action sur la bordure orientale du cristallin semble dévier le Rhône assez nettement vers le Sud-Est entre SERRIERES et ST RAMBERT D'ALBON. (voir E. fig. 8)

Le deuxième est un accident N45° Ouest qui traverse toute la plaine de BOEN à VEAUCHE. Là, on note au moins deux jalons morphologiques de son passage : le Dyke NO - SE des MONTS D'UZORE, et un tronçon N45° Ouest de près de 6 kilomètres de long que suit la Loire de part et d'autre du tracé du Grand Rhegme. Au Sud Est, il semble avoir eu une action identique à la structure précédente sur le rebord du cristallin et le cours du Rhône.

Vers le Nord-Est, cet accident se poursuit très loin dans la haute vallée du LIGNON, et celle d'un de ses affluents, rectilignes sur plus de 16 km (voir F. fig. 8)

Le troisième est un accident N40° Ouest qui tangente la plaine au Sud-Ouest, passant par LERIGNEUX (à l'Ouest de MONTBRISON), par BOISSET - ST PRIEST et se poursuit jusqu'à la Loire,

près d'UNIEUX (à l'Ouest de FIRMINY). A cet endroit précis de la Loire change de direction et, de NE devient NS pendant 8 kilomètres avant d'entrer dans la plaine.

Dans la tectonique régionale, cette famille correspond à d'anciens accidents hercyniens qui ont rejoué lors de l'orogénie Alpine. Les structures de ce type ne décalent pas les grandes failles du groupe précédent, mais ne sont pas non plus décalées par elles. Leur influence se manifeste dans la forme de la plaine. Ce sont elles qui lui donnent sa direction générale N.25° Ouest, alors qu'elle devrait s'allonger selon la direction Nord 10° Ouest de l'effondrement. Une déformation s'est faite, au Nord et au Sud, la plaine ne gardant sa direction d'origine que dans sa partie médiane.

Malgré le caractère régional des accidents (et des contraintes qui leur sont liées), je n'ai pu observer de preuves concrètes d'une véritable déformation qu'à ces deux extrémités de la plaine. Cette particularité est elle due à une situation exceptionnelle ? Il s'agit d'un bassin fermé, ce qui constitue une différence essentielle avec les autres Limagnes. Une autre différence apparaît bien dans l'évolution de son remplissage, mais elle est probablement due à des causes tectoniques et morphologiques. Je crois donc que c'est l'effondrement "en cuvette fermée" qui a pu créer aux abords de la plaine une zone de faiblesse propice à une déformation. Ces conditions particulières peuvent alors expliquer pourquoi la tectonique Sud-Ouest Nord-Est (donc d'origine hercynienne également) est masquée dans la morphologie locale alors qu'elle joue un rôle régional très important. En effet, des accidents bien visibles de part et d'autre disparaissent quand ils abordent la zone d'effondrement (On verra cependant avec l'étude des failles Est-Ouest que l'influence des structures Sud-Ouest - Nord-Est s'est quand même faite sentir).

Pour voir ces accidents traverser franchement la zone d'effondrement général, il faut aller assez loin au Nord et au Sud de la Plaine du FOREZ. Au Nord, c'est la faille de ROANNE (voir R - fig. 8) au Sud, celle de ST ETIENNE (voir L - fig. 8).

Les trois grandes structures N40° à 45° Ouest sont accompagnées d'une série d'accidents importants et mineurs visibles dans l'ensemble de la plaine. Ils restent même très nets sur le versant Est de la Loire où les alluvions récentes masquent pourtant la morphologie (ST CYR-LES-VIGNES, CUZIEU, ANDREZIEUX). Sur la rive gauche, un de ces accidents (MARCLOPT, CHAMBEON) décale une série de failles N10° Est et NS pourtant importantes et imprime aux tronçons Nord le même mouvement de torsion.

Comme pour les accidents N5° à 15° Ouest, il est difficile de trouver l'âge réel de ces failles. Leur direction est celle d'accidents tardi-hercyniens, qui auraient rejoué au tertiaire. La grande structure centrale (BOEN - VEAUCHE) a certainement joué avant l'oligocène supérieur puisque tel est l'âge des basaltes qui occupent le dyke SE des MONTS D'UZORE. Par contre, le grand accident bordier NE a dû jouer assez tardivement, tout comme la faille de MARCLOPT - CHAMBEON qui a coupé les terrains du 4ème étage.

En conclusion, on peut dire que ce système N40 à 45 Ouest a été susceptible de rejouer pendant toute l'histoire de la plaine tout comme le système alpin, ainsi que l'ont montré les études faites en divers endroits du Massif Central.

Les accidents de direction N45° à 50° Est, donc complémentaires des précédents se voient seulement dans le Nord et le Sud de la plaine où ils incurvent les deux extrémités de la cuvette. Ils affectent les bordures et le socle, mais bouleversent peu les terrains sédimentaires dans la partie Nord (Nord-Est de BOEN), alors que dans le Sud-Est leur action est beaucoup plus nette. En effet, entre ANDREZIEUX, et VEAUCHE, ils se conjuguent avec les failles Nord-Sud pour remonter les grès du deuxième étage. Ces derniers dominent le lit de la Loire par des falaises verticales de près de trente mètres quelquefois.

C/ Les accidents de directions N85° à 90° Ouest.

Là encore, on trouve trois accidents majeurs, mais dont l'importance régionale est moindre que celle des groupes précédents. Ce sont les trois accidents Est-Ouest qui divisent la plaine, du Nord au Sud en quatre compartiments de plus en plus enfoncés vers le Sud.

Ces trois failles ont donc le même sens de rejet que l'on peut évaluer à quelques dizaines de mètres dans l'ensemble. Elles ont la particularité commune de ne pas dépasser à l'Est le grand Rhegme de la Loire. Ou alors, elles semblent décalées vers le Nord par les failles Nord-Sud qui accompagnent ce Rhegme et qui font partie de leur système complèmentaire. De toute façon, leur action est beaucoup plus discrète à l'Est qu'à l'Ouest.

Rappelons que ces trois failles sont :

celle de ST GERAMIN LAVAL à BALBIGNY, au pied de laquelle coule l'AIX, (Voir H - fig. 8).

celle de BOEN à PONCIN, au pied de laquelle coule le LIGNON. (Voir J - fig. 8)

celle de MOINGT à CRAINTILLEUX, longé sur un court tronçon par la CURAISE. (Voir K - fig. 8)

Les deux accidents situés les plus au Nord (ST GERMAIN LAVAL et BOEN) sont doublés à leurs extrémités, c'est-à-dire aux points où ils rencontrent les accidents majeurs N10° Ouest et N40° Ouest par deux systèmes de faille N75° Ouest à l'Ouest et N55° Est à l'Est. L'ensemble dessine donc les triangles aplatis, la pointe obtuse tournée vers le Sud. A l'intérieur de ces triangles, les rivières ont creusé leur lit, rajeunissant aussi les failles Ce schéma est moins net pour l'accident Sud (MOINGT - CRAINTILLEUX) parce que le compartiment méridional a été le dernier émergé.

De ce fait il est moins érodé que les autres. Le VIZEZY seule rivière qui aurait dû le longer et le dégager a été dévié vers le Nord-Nord-Est près de MONTBRISON par une série d'accidents N50° Est et NS. On retrouve cependant les trois directions, mais moins bien ordonnées.

Les accidents Est-Ouest ont rejoué à la suite de l'action simultanée des structures Alpines et de 2 séries de structures plus anciennes : les Nord 40 à 45° Ouest d'une part, les Sud-Ouest Nord-Est d'autre part. En effet, d'une part on constate que les Est-Ouest aboutissent toujours à proximité des noeuds formés par la rencontre des accidents majeurs N5° à 10° Ouest (Alpins) et Nord 40° à 45° Ouest (hercyniens). D'autre part, bien que la tectonique Sud-Ouest - Nord-Est soit masquée dans la morphologie, son influence se fait néanmoins sentir. En effet, ce sont des failles Nord-Est qui ferment, à l'Est les triangles qui doublent les failles Est-Ouest. Mais surtout les accidents majeurs Est-Ouest se trouvent tous les trois sur le passage présumé d'un accident Nord-Est connu dans le socle de part et d'autre de la plaine. La faille de St GERMAIN LAVAL semble liée à l'accident connu près d'AMPLEPUIS au NE et près d'AMBERT au S.O (voir P - fig. 8). Celle de BOEN semble liée à l'accident connu à TARARE au NE et près de MARSAC-EN-LIVRADOIS au S.O. Celle de MOINGT (ou de MONTBRISON) semble liée à un accident connu dans la vallée de la BREVENNE, à l'Ouest de LYON et que l'on suit, vers le Sud-Ouest jusque dans la région de PAULHAGUET. (Voir M et N - fig. 8)

Signalons enfin d'autres accidents Est-Ouest visibles dans la plaine : entre PRECIEUX et ST ROMAIN l'un d'eux met en contact anormal le deuxième et le quatrième étages. On en trouve également dans le socle autour de la plaine, en particulier au Nord, près de PINAY où ils semblent aider au verrouillage du fossé par le seuil de NEULISE.

S'il on admet que ces accidents existaient déjà avant l'effondrement alpin et ont rejoué sous l'effort combiné des deux grands premiers groupes, on admettra que leur âge est le même. Ils ont dû jouer de façon continue, pendant toute l'histoire de la plaine.

Les accidents de directions N15 Est à Nord-Sud sont les complémentaires des précédentes. Les deux systèmes se complètent effectivement fort bien. Seules les failles NS semblent décaler les Est-Ouest ou même les bloquer comme c'est le cas dans la vallée de la Loire.

On ne voit pas d'accidents majeurs dans ce groupe. Par contre de nombreux accidents importants affectent les sédiments.

La faille des MONTS D'UZORE, de la direction générale N.5° Est, est peu visible dans l'ensemble de la plaine, sauf en son centre. Elle y est "habitée" par le plus récent des dykes basaltiques sur plus de 3 km de long. Là on voit que le pendage oscille autour de la verticale. Aux deux extrémités de la cuvette, sur les versants cristallins, on la suit très mal car elle est masquée par des accidents plus récents. Mais à une dizaine de kilomètres au Sud de MONTBRISON sur le plateau où l'érosion ponto-pliocène a peu modifié le relief, on la retrouve bien dans la morphologie. Sa direction y est devenue Nord-Sud. Au Nord, on la retrouve dans la vallée de la Loire près de ST PAUL-DE-VEZELIN, puis on la suit jusque dans les terrains jurassiques du BRIONNAIS, au Nord de ROANNE.

A l'Est de la précédente, les trois failles de MORNAND font descendre leur compartiment Est de sorte que le 2ème étage, protégé de l'érosion affleure largement entre PRECIEUX au Sud et la Vallée du LIGNON au Nord.

Dans cette même région, le contact entre les deuxième et troisième étages n'apparaît pas nettement faillé, mais il est cependant rectiligne et parallèle à ces accidents.

Plus à l'Est, la faille de PRECIEUX à CHAMBEON, de direction générale N.10° Est, agissant comme celles du MORNAND, conserve à l'Est les affleurements du quatrième étage. Comme elle se

trouve près du gisement de GREZIEUX, elle a été mieux étudiée et l'on peut indiquer l'importance du rejet qui est de 30 mètres au Sud, de 5 à 10 mètres au Nord. C'est une faille directe assez nettement couchée sur l'horizontale. Au Nord de MAGNEUX, elle est coupée et décalée par des structures NO, mais semble bien cependant se suivre d'une extrémité à l'autre de la plaine. Tout à fait au Sud, elle passe à proximité du pointement basaltique de ST ROMAIN-LE-PUY.

Plus à l'Est encore, dans le lit même de la Loire, une série d'accidents N.S se relaient tout au long du Grand Rhegme. Un seul a pu être suivi de bout en bout dans la plaine. Leur action est visible surtout dans la partie Sud. A l'Ouest du fleuve, leur compartiment Est se trouve abaissé par rapport au compartiment Ouest. A l'Est du fleuve, au contraire, c'est l'inverse qui se produit. Ce sont ces deux mouvements symétriques par rapport au Rhegme qui font penser que ce dernier est suivi par un sillon comme on en voit dans presque toutes les Limagnes. Les deux failles les plus nettes de système se trouvent dans la partie Sud de la vallée de la Loire et encadrent la petite ville d'ANDREZIEUX. Elles font remonter le socle d'une centaine de mètres à l'Est, décalent le contact de près de 4 kilomètres vers le Nord. Leur action sur des terrasses fluviatiles n'est plus, par contre, que d'une vingtaine de mètres.

Tout à fait à l'Est, on sait déjà que la bordure orientale de la plaine est formée d'une succession de tronçons Nord-Sud qui se relaient pour suivre la direction générale Nord 6° Ouest.

Enfin, de nombreuses failles mineurs accompagnent ces accidents importants. Les plus marquants se trouvent dans la vallée de la Loire et tout à fait à l'Ouest, entre la faille des MONTS D'UZORE et la bordure Occidentale de la plaine.

Dans l'ensemble, les failles de cette famille ont eu une action nette sur les sédiments. Cette action, qui met fréquemment en contacts anormaux les différents étages se remarque surtout dans le compartiment central et, à un degré moindre dans le compartiment Sud.

Les âges de ces accidents sont également multiples, et le système a dû, lui aussi jouer par saccades. Les différents rejets des failles d'ANDREZIEUX le montrent bien (une centaine de mètres pour le socle et une vingtaine seulement pour les terrasses fluviatiles).

Cependant, ces rejeux successifs se sont prolongés assez tardivement et les derniers ont dû être assez importants. Témoins la faille des MONTS D'UZORE qui recoupe les deux dykes NE et SE datés de l'Oligocène supérieur, les nombreux rejets dans le quatrième étage et les terrasses fluviatiles, enfin les tronçons de la bordure Est. Malgré tout, ce ne sont pas elles qui ont rejoué en dernier dans la plaine puisque, dans la région des MONTS D'UZORE, on voit le dyke Nord-Sud lui-même, ainsi que plusieurs accidents mineurs parallèles recoupés par une structure N.75 Ouest. Leur partie Sud est décalée d'au moins plusieurs dizaines de mètres vers l'Ouest.

D/ Les accidents de direction N.25° à 30° Ouest.

Il n'y a pas d'accidents majeurs dans cette famille, mais un certain nombre de failles importantes.

Tout d'abord, la faille de "l'Isable", de direction N.26° Ouest, passe entre ST GERMAIN LAVAL et POMMIER et se prolonge vers le Sud-Est jusqu'à la vallée du LIGNON. Plus au Sud, elle ne se voit plus mais réapparaît sur la bordure Sud où elle semble avoir une influence assez nette sur le réseau hydrographique du bassin stéphanien. Vers le Sud, on la suit très bien jusque dans la MONTAGNE BOURBONNAISE où elle prend en "sifflet" un compartiment du socle limité par deux grandes structures Alpines. Dans le Nord de la plaine, cette faille met en contact anormal les premiers et deuxièmes étages.

A l'Ouest, plusieurs parallèles moins importantes limitent certains faciès caractéristiques de l'étage inférieur. A l'Est, le contact entre les deuxième et troisième étages, n'apparaît pas nettement faillé, mais suit la même direction. Plus à l'Est encore, des accidents parallèles limitent le troisième étage et le font dominer les alluvions récentes de la Loire entre NERVIEUX et CLEPPE. Symétriquement, la même chose se reproduit à l'Est du fleuve pour le deuxième étage et des terrasses fluviatiles. Enfin tout à fait à l'Est, entre VALEILLES et SALVIZINET, deux tronçons du grand arc faillé de la bordure Nord-Est appartiennent à cette famille.

On en retrouve au Sud-Ouest de la plaine où leur action n'est pas négligeable puisque l'une d'elles, passant un peu à l'Ouest de MONTBRISON jalonne le contact sédimentaire cristallin chaque fois que ce dernier est faillé. Un peu au Nord, la faille de MARCILLY passe par le volcan qui domine ce village et se prolonge au Sud-Sud-Est dans les sédiments en détournant la direction des rivières jusqu'au Nord de MONTBRISON.

Les deux directions (N5° Est à NS et N.25° Ouest à N.30° Ouest) sont symétriques l'une de l'autre par rapport aux grandes structures alpines N.5° Ouest à N. 15° Ouest. De plus, cette direction N.25° Ouest à N.30° Ouest est la bissectrice des directions des deux premiers grands groupes : Les accidents alpins N.5° à 15° Ouest d'une part, les accidents hercyniens N.40° à 45° Ouest, d'autre part. Comme les failles Nord-Sud et Est-Ouest, on doit donc les considérer comme une résultante des efforts conjugués des deux grands groupes.

Cependant, les accidents de cette famille N.25° à 30° Ouest régissent la géologie du Sédimentaire dans toute la partie de la plaine située au Nord de la faille Est-Ouest du LIGNON. Ils ont donc un rôle identique à celui des Nord-Sud dans les compartiments centre Sud et Sud.

On les retrouve, en outre, sur la bordure Sud-Ouest. La même répartition se retrouve pour les directions complémentaires et montre que ce groupe semble plus spécialement lié aux zones où l'effort de torsion est plus net.

On peut donc en conclure que, résultant de l'action simultanée des accidents Alpins et hercyniens, les failles de la famille "de l'Isable" (N.25 à 30° Est) sont plutôt liées aux accidents hercyniens alors que les failles NS sont, elles, liées aux accidents Alpins.

Les structures complémentaires (N.65° Est à N.60° Est), elles aussi se trouvent essentiellement au Nord-Est et au Sud-Est de la plaine, où elles agissent également sur le cristallin et sur le sédimentaire. L'une d'elles, cependant, semble se distinguer des autres puisqu'elle traverse la plaine depuis ST THOMAS la GARDE, au Sud-Est de MONTBRISON jusqu'à BOISSET-LES-MONTROND. Elle change ensuite de direction à proximité du grand accident N.45° Ouest (faille hercynienne de BOEN) pour devenir N. 65° Est entre BOISSET-LES-MONTROND et BELLEGARDE.

Les failles N.25 à 30° Est, et leurs complémentaires semblent également avoir rejoué pendant toute l'histoire de la formation de la plaine.

E/ Les accidents de direction N.30° Est à N.25° EST

Ils n'ont qu'un effet assez local et il semble difficile d'établir leurs relations avec l'un ou l'autre des systèmes précédents. Les failles importantes de ce type sont localisées dans la moitié Est du compartiment central, et sont cantonnées à l'affleurement de l'étage 4. Elles se trouvent donc toutes à proximité du centre de sédimentation de la plaine.

Leur importance réside dans le fait que plusieurs d'entre elles ont, pour une part contribué à enfermer le gisement de GREZIEUX dans de petits fossés très peu effondrés, mais suffisants quand même pour le préserver de l'érosion et du lessivage.

La plus grande de ces failles est celle de l'HOPITAL-LE-GRAND - MONTROND-LES-BAINS (Faille de la CURAISE) qui limite au Sud-Est la zone d'anomalies géochimiques de GREZIEUX. Cette structure a un aspect assez curieux, comme faite à l'emporte pièce. Plus qu'un rejet important, elle détermine surtout une sorte de fossé très long dans lequel est enfermée la rivière. Un très gros développement de brèche sédimentaire plus ou moins recalcifiée et silicifiée souligne bien cet aspect dans la région Sud de BOISSET-LES-MONTROND.

Enfin, il semble qu'on puisse rapporter à ce groupe quelques failles Ouest-Nord-Ouest - Est-Sud-Est situées dans la région de MAGNEUX - HAUTERVE, de direction très grossièrement orthogonale. Mis à part un ou deux tronçons assez douteux et qu'il semble bien difficile de leur associer, ces accidents n'affectent pas le socle aux bordures de la plaine. Elles paraissent être des fractures de tassement, au moins en partie.

En résumé, tous les accidents tectoniques qui ont contribué à la formation de la plaine du FOREZ sont de deux types : ou bien ce sont des accidents nouveaux, qui se sont formés lors de l'Orogénie Alpine, ou bien des accidents plus anciens qui ont rejoué aux mêmes périodes.

Leur classification est établie en fonction de deux critères :

- Leurs directions selon lesquelles il est possible de distinguer des groupes dont tous les représentants ont eu des effets identiques ou complémentaires.

- Leur hiérarchie, qui a été établie par l'étude morphologique de la façon suivante :

Les grandes structures majeures ou régionales dont l'action dépasse le cadre de la plaine elle-même et qui régissent la tectonique régionale de façon fondamentale. Elles sont, en général peu visibles dans la morphologie du sédimentaire.

Les accidents importants qui affectent aussi bien le socle que les sédiments. Ils sont bien visibles dans la morphologie du sédimentaire, mais, en réalité, ne font que compléter l'action des précédentes.

Les accidents mineurs dont l'action demeure locale.

1°/ Les structures Alpines, de direction N5° à 15° Ouest, sont responsables de l'effondrement du fossé, puis de son assymétrie. On distingue dans cette famille quatre grandes structures majeures. Elles ont joué, par à-coups soit individuellement, soit simultanément tout au long de la formation de la plaine.

Le Grand Rhegme de la Loire est suivi par le fleuve sur près de 120 kilomètres, donc bien au delà des limites du bassin. C'est l'axe de l'effondrement. Il a rejoué à chaque reprise de l'orogénie, fonctionnant d'abord comme une charnière, relevant ensuite son compartiment Est, mais toujours en abaissant le fond du bassin. (A sur fig. 8)

Le grand accident bordier oriental a joué tardivement, relevant également son compartiment Est d'au moins 500 mètres et coupant ainsi la plaine en deux. Ce rejeu, ainsi que le rejeu final du Rhegme de la Loire s'est fait, de façon brutale, après la sédimentation complète du bassin. C'est là l'origine de l'assymétrie de la plaine. (B sur fig. 8)

La faille de ST GERMAIN LAVAL est le prolongement Sud de la faille bordière Orientale de la MONTAGNE BOUBONNAISE. Tout au début de la subsidence, elle a complété à l'Ouest "l'action" en charnière du Rhegme de la Loire. Elle s'est ensuite arrêtée assez vite. (C sur fig. 8)

L'accident Occidental, qui passe un peu à l'Ouest de BOEN-SUR-LIGNON borde la subsidence au pied des MONTS DU FOREZ, mais reste en dehors des limites actuelles de la plaine. Il a donc abaissé son compartiment Est. (D sur fig. 8)

Quelques accidents importants ont complété l'action de ces quatre structures majeures. Les accidents complèmentaires ont eu relativement peu d'importance.

2°/ Les accidents de direction N 40° Ouest à N 45° Ouest. La géologie régionale montre que ce sont d'anciennes structures hercyniennes qui ont rejoué en même temps que les failles Alpines. Donc également par à-coups tout au long de l'histoire de la plaine.

Leur action principale a été une déformation de la plaine à ses deux extrémités : La partie Nord, la plus affectée a été rejetée vers l'Ouest. La bordure Sud-Ouest a été aplatie selon une direction Nord-Nord-Ouest. Cette torsion a donné à l'ensemble du bassin sa direction générale N. 20° Ouest alors, que sous l'effet du seul effondrement Alpin, elle eût été Nord 10° Ouest.

On distingue dans cette famille trois grandes structures majeures :

Au Nord-Est, l'accident de BALBIGNY a eu un rôle double : il a d'abord imprimé à toute la partie Nord de la plaine la déformation la plus importante. Il a ensuite joué pour la bordure Nord-Est le même rôle que le grand accident Alpin oriental pour la bordure Est, achevant ainsi de couper la plaine en deux. (E sur fig. 8)

Au centre, le grand accident de BOEN à ST ETIENNE a été l'axe de la déformation. (F sur fig. 8)

Au Sud-Ouest, enfin, l'accident Sud-Ouest de MONTBRISON tout comme l'accident Alpin de BOEN borde la subsidence, mais reste en dehors des limites actuelles de la plaine. C'est lui cependant qui aplatit la bordure entre MONTBRISON et ST MARCELLIN. (G sur fig. 8)

Ces trois grands accidents sont accompagnés par une série de failles importantes N. 40° à 45° Ouest et leurs complémentaires N. 45° à 50° Est et que l'on observe surtout au Nord et au Sud-Ouest de la plaine, là où la déformation a été la plus nette.

3°/ Les accidents de direction N. 85° Ouest à Est-Ouest et leurs complémentaires N. 15° Est à N.S. Il s'agit probablement d'accidents plus anciens qui ont rejoué lors de l'effondrement. Ils ont dû le faire à la suite de l'action conjuguée des structures Alpines et deux systèmes plus anciens également: d'une part les accidents N. 40° à 45° Ouest qui viennent d'être décrits, d'autre part les accidents N. 55° à 65° Est. (Ces derniers n'apparaissent pas beaucoup dans la morphologie de la plaine, mais ils ont cependant une grande importance régionale.

Par leur direction privilégiée, qui concorde à peu près avec les résultantes des trois systèmes, les failles Est-Ouest ont pris une importance particulière dans la plaine.

On observe trois accidents majeurs. Ce sont les trois failles Est-Ouest qui partagent la plaine en quatre compartiments de plus en plus effondrés vers le Sud, le compartiment Sud étant vraisemblablement le dernier émergé.

Ces trois accidents principaux passent par ST GERMAIN LAVAL (faille de l'AIX), BOEN - SUR - LIGNON (faille du LIGNON) et MOINGT (à 2 km au Sud de MONTBRISON). Ils aboutissent toujours à un noeud des deux systèmes précédents et semblent très atténués ou masqués à l'Est du grand Rhegme de la Loire. (H, J et K fig. 8)

Ces trois grands accidents sont toujours accompagnés au Sud par deux séries de failles N. 75° Ouest et N. 55° Est qui semblent les compléter. Ceci confirme leur liaison avec les trois grands systèmes : Alpin, (A B C D sur fig. 8) N. 55° Est, N. 40° Ouest (E. F. G.) et Sud-Ouest - Nord-Est (M. N. P.).

Leurs complémentaires sont les failles NS qui jalonnent, en se relayant, le parcours des grands accidents majeurs alpins, agissant en quelque sorte, "pour leur compte" (ceci est surtout visible pour le Rhegme de la Loire et pour la grande faille bordière Est). A ces failles NS, on a ajouté les directions N. 10 Est à N. 5 Est qui jouent le même rôle, à la réfraction près dans le sédimentaire, si l'on en croit la grande faille des MONTS D'UZORE, N. 5° Est dans la plaine, et NS sur le plateau cristallin du Sud.

Toutes ces failles ont nettement agi sur les dépôts sédimentaires, et les Nord 10° à 5° Est ont principalement régi la disposition actuelle des couches dans tout le compartiment central situé au Sud de la faille du LIGNON.

4°/ Les accidents de direction N 25° à 30° Ouest et leurs complémentaires N°65 à 60° Est.

Le principal représentant de ce groupe est la Faille de l'ISABLE, que l'on suit depuis le Nord de la MONTAGNE BOURBONNAISE jusqu'à la région d'AMIONS, au N.N.E. de ST GERMAIN LAVAL. Elle est encore visible dans la plaine jusqu'à la faille Est-Ouest du LIGNON, au Sud de laquelle elle semble disparaître pour reprendre tout à fait au Sud dans le bassin Stéphanien.

Plusieurs autres accidents affectent principalement le sédimentaire dans le compartiment Nord de la faille Est-Ouest du VIZEZY et le cristallin sur les bordures Nord-Est et Sud-Ouest.

Il semble bien qu'eux aussi soient dûs aux efforts conjugués des deux premiers grands systèmes alpin et hercynien.

Mais, alors que les accidents Nord-Sud semblent liés aux accidents typiquement alpins, les N. 25° Ouest semblent liés aux accidents de direction hercynienne. En effet, ils affectent principalement les zones où la torsion a été le mieux ressentie.

5°/ Enfin, les accidents de direction N 30 à 25° Est doivent leur importance au fait qu'ils ont protégé le gisement de GREZIEUX-LE-FROMENTAL de l'érosion ou du lessivage, malgré leurs très faibles rejets.

En conclusion, les structures Alpines sont directement responsable de l'effondrement assymétrique de la plaine alors que les anciennes structures Hercyniennes N. 40° Ouest, rajeunies, ont déformé la fosse à ses deux extrémités. Cette déformation a donné au bassin sa direction générale actuelle Nord 25° Ouest alors que l'effondrement s'est fait selon Nord 10° Ouest. Une question se pose à son sujet : est-elle due à une Torsion ou à un cisaillement ? De toute façon, elle semble due aux rejeux simultanés des accidents Alpins et hercyniens. Dans le cas d'un cisaillement, les bordures Nord-Est et Sud-Ouest de la plaine auraient été franchement faillées selon N. 40 Ouest. Or ce n'est pas le cas. D'autre part, les structures Alpines auraient dû elles aussi être décalées par les failles hercyniennes, ce qui n'est pas le cas non plus. C'est pourquoi, je préfère employer le mot torsion qui me paraît plus proche de la réalité bien que les constatations qui précèdent ne constituent pas une preuve absolue.

Il faut enfin faire une remarque importante. Les trois directions principales (NS, NO - SE et SO - NE) sont celles qu'ont décrites J. JUNG et R. BROUSSE en 1962 en appliquant la théorie de la Rhegmatogénèse au volcanisme du Massif Central. Je n'ai pas voulu attribuer le terme de "cassures Rhegmatiques" à tous ces accidents qui ne suivent pas la loi de l'équidistance. Cependant, il est vraisemblable que la structure hercynienne de BOEN à VEAUCHE (F sur fig 8) soit l'une de celles qu'ont indiquées J. JUNG et R. BROUSSE. Cette structure peut être considérée comme l'axe de la déformation de la plaine et de plus correspond grossièrement à la limite N.O du volcanisme Forézien.

Conformément au schéma tectonique général indiqué par ces mêmes auteurs, je considère que la torsion de la plaine correspond à une zone de compression : ce serait le résultat de l'écrasement selon leur petite diagonale des parallèlogrammes décrits par les structures Alpines et hercyniennes. (Par exemple, sur la fig. 8, le parallélogramme formé par les quatre accidents A B E F est écrasé selon la diagonale Sud-Ouest - Nord-Est passant par VALEILLES.

Un tel écrasement ne peut s'être fait sans un réajustement. Or, des failles plus anciennes, de direction NS et EO, offraient des zones déjà cassées dont les directions étaient proches de celles qu'exigeait ce réajustement. Une grande partie des mouvements les a donc empruntées. C'est là l'origine des failles Est-Ouest de la plaine et de toutes les Nord-Sud qui se relaient au long du Rhegme de la Loire et de la grande structure bordière orientale.

Dès lors, cette absorption d'une partie des efforts selon une direction qui n'était pas celle exactement requise a entrainé :

une flexion dans la plaine des failles N.S jusqu'à N. 15E.

une nouvelle série de réajustements. Ces réajustements se sont faits selon le système N. 25° à 30° Ouest dit "de l'ISABLE".

Cette direction qui est celle de la plaine est également symétrique des Nord-Sud par rapport aux structures alpines. Elle est d'autre part la bissectrice des directions des deux grands systèmes principaux : Alpin et Hercynien. Elle offrait donc des zones en tension, prêtes à casser sinon déjà cassées.

En même temps, l'équilibre définitif a du s'établir de la façon suivante : la composante de direction Alpine de l'effort de réajustement avait déjà emprunté de préférence les directions Nord-Sud. Le déséquilibre ainsi causé a fait emprunter à la composante de direction hercynienne le système de "L'ISABLE".

C'est ainsi que la direction N. 15° Est à N.S a dirigé toute la géologie du sédimentaire au centre de la plaine, dans la partie où domine l'influence des structures purement Alpines. Les directions du type ISABLE dirigent toute la géologie du sédimentaire dans le Nord de la plaine et celle des bordures NE et SO qui sont les zones les plus affectées par la torsion.

Enfin, dans ces deux systèmes, les failles dont les directions se rapprochent le plus de celle de la plaine, c'est-à-dire N S à N 15°E et N 25° à 30°O, ont parachevé l'effondrement du socle en cassant les plans non affectés par les structures majeures de façon à les incurver, donnant à la cuvette son allure de fond de bateau, plutôt que d'un toit posé à l'envers.

3°/ ETUDE STRUCTURALE DE LA PLAINE.

La plaine du FOREZ est un fossé d'effondrement de direction théorique N10° Ouest dont les extrémités ont été soumises à un effort de torsion beaucoup plus accentué au Nord qu'au Sud. Cette

torsion a donné à la cuvette une direction générale N. 25° Ouest.

D'est en Ouest, dans sa partie centrale demeurée N. 10° Ouest, c'est un fossé en forme de fond de bateau très assymétrique dont la partie la plus profonde coïncide toujours avec le Grand Rhegme de la Loire. Ce dernier est probablement suivi par une gouttière comme dans les autres Limagnes.

Le flanc Ouest de la cuvette, large d'une quinzaine de kilomètres est légèrement incurvé par une série de failles de faible rejet de régimes N 15° Est à NS et N 25° à 30° Ouest et il descend en en pente assez douce jusqu'aux abords du Rhegme de la Loire.

Le flanc Est est beaucoup plus étroit (environ 5 à 6 kilomètres) et remonte sans doute plus rapidement grâce à l'action répétée d'une série de failles de type NS. Il est coupé brusquement à l'Est par la grande structure bordière, faillée selon des tronçons NS dont le rejet doit vraisemblablement dépasser 500 mètres.

Dans le sens N.N.O, S.S.E, la disposition est plus régulière. Le socle s'abaisse doucement et assez régulièrement aux deux extrémités pour se relever légèrement au centre, à la hauteur de CHAMBEON. Deux dépressions semblent donc se former, l'une peu prononcée, dans la région Sud-Ouest de CLEPPE, l'autre plus profonde dans la région Sud-Ouest de MONTROND-LES-BAINS.

Dans cette cuvette, les sédiments reposent par assises successives emboitées les unes dans les autres, selon le schéma classique d'un empilement d'assiettes.

A l'Ouest, ils reposent assez calmement sur le socle. Lorsque la bordure est faillée, c'est toujours de quelques mètres, ou de quelques dizaines de mètres au plus. Les pendages sont toujours assez faibles et toujours dirigés vers le centre de la plaine, sauf quand, localement ils sont un peu bouleversés par les failles.

A l'Est et au Nord-Est, les couches buttent sur les deux grandes structures bordières. Malgré cela, les pendages restent très faibles, et dirigés d'une façon générale vers la Loire. Par endroit, ces pendanges peuvent paraître un peu plus forts que la moyenne. Ceci doit être dû à une série de failles (généralement NS) qui affectent le socle en le faisant remonter en escalier jusqu'au pied de la bordure. Ces déformations, atténuées à mesure que l'on monte dans les sédiments, donnent finalement aux couches supérieures l'allure d'un basculement léger vers l'Ouest.

Dans le sens Nord-Sud, les sédiments reposent tranquillement et régulièrement sur le socle et ne sont perturbés que par les trois grandes failles Est-Ouest dont les rejets sont malgré tout assez faibles, tout au moins en surface où ils ne semblent pas dépasser quelques dizaines de mètres (50 mètres pour la faille Sud).

Cette description correspond parfaitement au dessin des auréoles décrites par les affleurements des étages et tout cet ensemble montre une plaine sédimentaire, à l'origine beaucoup plus grande, mais coupée en deux près de son centre.

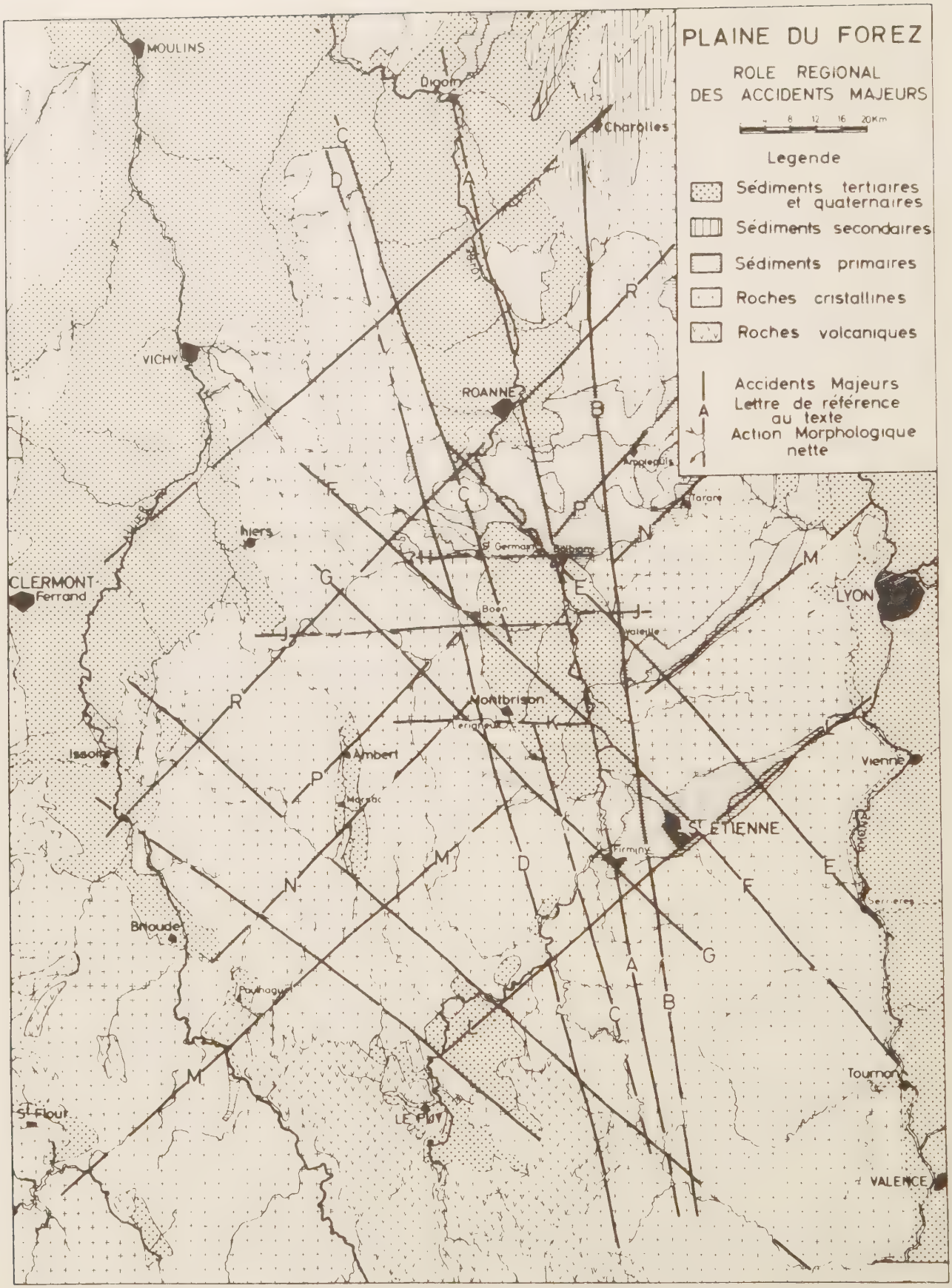

PLAINE DU FOREZ
ROLE REGIONAL
DES ACCIDENTS MAJEURS
8 12 16 20Km
Legende
Sédiments tertiaires et quaternaires
Sédiments secondaires
Sédiments primaires
Roches cristallines
Roches volcaniques
Accidents Majeurs
Lettre de référence au texte
Action Morphologique nette
MOULINS
Digoin
Charolles
VICHY
ROANNE
Iriers
CLERMONT Ferrand
LYON
Montbrison
Issoire
Ambert
Vienne
ST ETIENNE
Brioude
Pontgibaud
St Flour
LE PUY
Tournon
VALENCE

Fig. 8

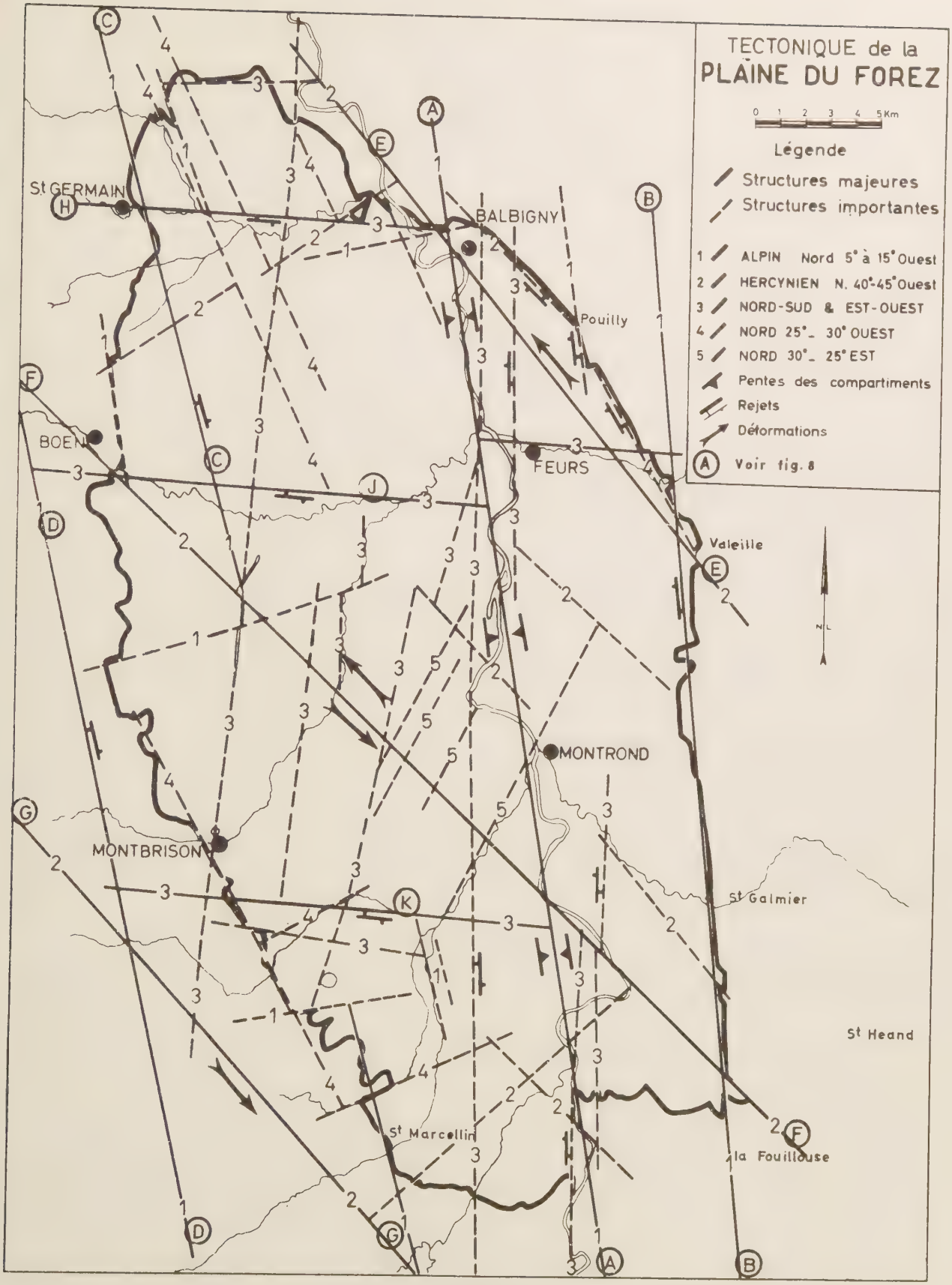

TECTONIQUE de la
PLAINE DU FOREZ
0 1 2 3 4 5Km
Légende
Structures majeures
Structures importantes
1 ALPIN Nord 5° à 15° Ouest
2 HERCYNIEN N. 40°-45° Ouest
3 NORD-SUD & EST-OUEST
4 NORD 25°_ 30° OUEST
5 NORD 30°_ 25° EST
Pentes des compartiments
Rejets
Déformations
A Voir fig. 8
St GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
BOEN
FEURS
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand
St Marcellin
la Fouillouse
N
L

Fig. 8 bis

CHAPITRE X

HISTOIRE DE LA PLAINE

Je vais essayer maintenant d'expliquer l'histoire de la formation de la plaine du FOREZ. On a vu que certains âges demeurent douteux, mais il est possible cependant d'établir la chronologie suivante :

1°/ Jusqu'au Sanoisien, le Massif Central a été érodé. A la fin de cette période s'établit un climat chaud qui favorise la formation de sols rouges.

2°/ Assez tard dans le Stampien, la surrection du FOREZ et l'effondrement de la plaine s'amorcent. Le socle se casse selon le Rhegme de la Loire. Ce dernier agit alors en charnière et marquera désormais la ligne de plus grande profondeur. Les deux structures Alpines situées plus à l'Ouest (faille de ST GERMAIN-LAVAL et faille Est de BOEN) aident au mouvement, mais sans rejets importants, presque en flexure.

Le FOREZ se relève plus vite que les MONTS DU LYONNAIS et du ROANNAIS, dont la surrection réelle se fera beaucoup plus tard. Ainsi une assymétrie apparaît, dans les pentes respectives des deux panneaux du socle de part et d'autre du Rhegme de la Loire. Cette assymétrie est l'inverse de celle que l'on observe actuellement.

D'autre part, le synchronique des rejeux des failles Alpines et des anciennes failles hercyniennes ne fait pas de doute. On doit donc considérer que dès cette époque, la déformation en torsion de la plaine doit s'amorcer également.

Par voie de conséquence, les systèmes de réajustement jouent ainsi et les failles NS et N25° Ouest commencent, par des rejets faibles à incurver les versants de la dépression. Désormais, cela se reproduira en s'accentuant à chaque à-coup de la surrection du Forez, jusqu'à modeler le fond de bateau actuel.

En même temps, le dépôt du premier étage commence dans un bassin qui dépasse largement les limites connues de la plaine. En effet, vers l'Ouest, les restes de la cuirasse du Forez montrent qu'il s'arrêtait à la faille Alpine Occidentale (Ouest de BOEN). Vers l'Est, les lambeaux signalés par LE VERRIER à plus de 10 km de la limite orientale témoignent d'une extension plus large encore.

A la base de l'étage, les argiles rouges et les sables feldspathiques grossiers sont mélangés (argiles sableuses rouges). Les premiers proviennent de la destruction des sols rouges et les seconds de l'érosion du socle. La simultanéité de leurs dépôts indique que les mouvements tectoniques se sont amorcés de façon rapide.

Ensuite le grand développement d'argiles plastiques et de carbonates de la partie supérieure du premier étage, ne dépend plus que de variations climatiques. Son homogénéité indique une accalmie dans la tectonique.

3°/ A une époque difficile à déterminer, mais vraisemblablement tout à fait à la fin du dépôt du premier étage, cette accalmie est interrompue par l'amorce du basculement de la plaine vers le Sud. Ce mouvement est contemporain du dernier rejeu de plusieurs failles, dont la structure majeure alpine de ST GERMAIN LAVAL qui n'affecte plus les terrains susjacents. Il constitue en outre la première différence réelle avec l'ensemble des autres Limagnes dont le basculement vers le Nord est progressif et général. Ensuite, la première moitié du deuxième étage se dépose, lentement, dans un lac confiné aux eaux assez fortement carbonatées.

De nouveaux sols tropicaux se forment autour de la plaine. On les retrouve par épisodes dans les sédiments. Ils semblent liés à de petites phases sableuses de plus en plus abondantes à mesure

que l'on monte dans la série. Ces épisodes montrent que le FOREZ doit continuer à se surélever, mais doucement, par petites saccades brèves de plus en plus rapprochées.

Les Potamides LAMARCKI que l'on a trouvés dans un niveau gréseux calcaire de cette série indiquent que l'on est encore dans le Stampien.

4°/ Assez brusquement, au milieu du dépôt du 2ème étage, le basculement vers le Sud reprend. En même temps, la surrection du FOREZ et l'enfoncement de la plaine s'accentuent. C'est alors le dépôt des grès de VEAUCHE, transgressifs vers le Sud jusqu'au socle.

Ce basculement ouvre davantage la plaine vers le Sud. Une des conséquences en est un regroupement plus rapide des eaux torrentielles en rivières de plus en plus importantes. En même temps, l'apport des sédiments par ces rivières s'accentue, au détriment de l'apport périphérique qui avait été prépondérant jusque là.

A la fin de cette période, tout semble se stabiliser plus ou moins et l'étage se termine par des niveaux plus argileux.

5°/ Après le dépôt du deuxième étage, le basculement de la région s'inverse et la plaine commence à s'ouvrir vers le Nord, d'où viendra une partie des apports qui ont constitué le troisième étage.

Ce mouvement a du se faire assez rapidement. Il est lié à une nouvelle série de fracturations. On peut citer les deux failles NE et SE des MONTS D'UZORE par lesquelles montent les premiers basaltes de la région. C. BOBIER et L. GLANGEAUD placent ces basaltes à la fin de l'Oligocène. Comme ils recoupent les grès du deuxième étage, avec formations de pépérites, on peut donc situer ces derniers dans l'Aquitanien. Ce fait est confirmé par la palynologie. Le deuxième étage serait donc à cheval sur le Stampien et l'Aquitanien.

C'est donc probablement au début du Miocène que se dépose le troisième étage. On sait qu'en partie, les matériaux proviennent de sédiments déjà déposés à l'Oligocène. Pendant toute cette période, la plaine s'ouvre vers le Nord d'où elle reçoit périodiquement des sables feldspathiques peu évolués. Ceux-ci proviennent de l'érosion des terrains viséens du seuil de NEULISE.

6°/ Dès la fin du dépôt du troisième étage, la région bascule à nouveau vers le Sud. Ce mouvement entraîne une période instable au cours de laquelle on a une première exondation juste à la fin du troisième étage. Sa durée est suffisante pour qu'il y ait érosion. (notamment des reliefs dûs aux décrochements des failles). Plusieurs autres exondations plus discrètes lui succèdent dans les 15 premiers mètres du quatrième étage. Celles-ci sont d'ailleurs soulignées par les niveaux noirs. Vient ensuite la longue période du dépôt des argiles et marnes vertes.

7°/ Enfin, après le dépôt du quatrième étage commence la dernière phase tectonique visible dans la morphologie de la région. Ce doit être une des plus importantes et des plus violentes. Le principal événement en est la surrection des MONTS DU LYONNAIS et du ROANNAIS. Il est possible mais douteux que ceux-ci aient commencé à se soulever dès l'Oligocène inférieur. Dans ce cas, ce mouvement a été de faible amplitude et n'a pu intéresser que leur bordure orientale. Ce redressement se serait fait autour de la charnière constituée par la Rhegme de la Loire. Le dépôt Oligocène qui s'est étendu assez loin vers l'Est semble bien le prouver.

Il n'est donc pas douteux que la majeure partie de cette surrection se soit faite lors de cette dernière phase tectonique après le dépôt du quatrième étage. D'ailleurs, la conséquence immédiate de ce mouvement est la cassure des bordures Est et Nord-Est, dont le rejet peut être évalué à plus de 500 mètres puisqu'il est supérieur à l'épaisseur des sédiments. Or, ces 500 mètres sont plus que suffisants pour compenser les différences d'altitudes exitant actuellement entre la surface de la plaine (350 à 400 mètres) et les points culminant des MONTS DU LYONNAIS qui se situent entre 700 et 950 mètres. Ces failles bordières ont littéralement coupé la plaine en deux, inversant totalement son assymétrie pour lui donner celle qu'on lui connaît actuellement.

En même temps, les MONTS DU FOREZ se sont soulevés une fois encore puisque les failles de la bordure Ouest ont également cassé, mais avec des rejets beaucoup plus faibles, ne faisant qu'accélérer l'ennoyage du cristallin sous le premier étage. Les diverses phases de surrection du FOREZ ont également redressé les niveaux très grossiers de la base du premier étage le long de son flanc Est. C'est la "Cuirasse du FOREZ", signalée dès 1910 par Ph. GLANGEAUD. Les alternances de niveaux grossiers et sablo-argileux montrent bien la surrection par phases successives. L'érosion en a laissé des lambeaux qui ne dépassent pas à l'Ouest la faille Alpine de BOEN.

D'autre part, la déformation de la plaine, par le rejeu des anciennes failles hercyniennes, s'achève et la géologie prend son aspect actuel. Cette déformation, on l'a vu, a entraîné à chaque

phase tectonique le rejeu des systèmes de réajustement. Les failles majeures Est-Ouest ont en effet affecté le quatrième étage. On connaît les rejets de ces failles en surface (on l'évalue à quelques dizaines de mètres pour les failles situées au Nord, avec plus de précision à 50 mètres pour la faille de PRECIEUX). Il est probable que ces rejets, n'accusant que le dernier à-coup sont plus importants en profondeur. En même temps, les failles Nord-Sud ont également rejoué et en premier lieu celles de la bordure Est. D'autres ont eu également un rôle important, comme celles du Sud de la vallée de la Loire.

Il est difficile de dater cette dernière phase tectonique en se basant uniquement sur des observations faites dans la plaine. Cependant, un mouvement d'une telle importance dépasse le cadre régional. On ne peut alors le rattacher qu'à deux phases tectoniques connues : La première est celle qui a déterminé l'effondrement de la dépression de NOIRETABLE. Elle serait contemporaine des basaltes de la haute vallée du LIGNON (probablement pontien). La deuxième est la surrection Cévénole.

Après ces périodes, il n'y a pas dans la plaine de traces visibles d'une nouvelle action tectonique. On assiste simplement au dépôt d'argiles sableuses et de sables sur tout le versant Est de la plaine. Ils proviennent de l'érosion des sédiments soulevés à l'Est de la faille bordière. Puis, au quaternaire, à la suite des différentes ruptures des profils d'équilibre des rivières, survient le creusement des vallées importantes le long des failles. Enfin, les vallées sont comblées par les alluvions récentes.

En conclusion, au Stampien inférieur, la plaine du FOREZ s'est comportée comme les autres Limagnes. Mais dès la fin du dépôt du premier étage, un basculement vers le Sud constitue une première anomalie. La première partie du deuxième étage en est la conséquence.

A partir de l'Aquitanien, l'ensemble des Limagnes achève son basculement vers le Nord. La mer se retire de la partie Sud des Limagnes, ne laissant que quelques lacs résiduels.

La plaine du FOREZ achève alors son histoire séparément. Le bassin continue à fonctionner soit confiné, soit en s'ouvrant vers l'Est, vers le couloir Rhodanien. En effet, le basculement de la plaine de la fin de l'Aquitanien se fait à la fois vers le Nord, conformèment au basculement général et vers l'Est ce qui rend possible des ouvertures momentanées de ce côté.

Ces distinctions dans l'histoire géologique et sédimentologique se retrouvent dans l'histoire des minéralisations.

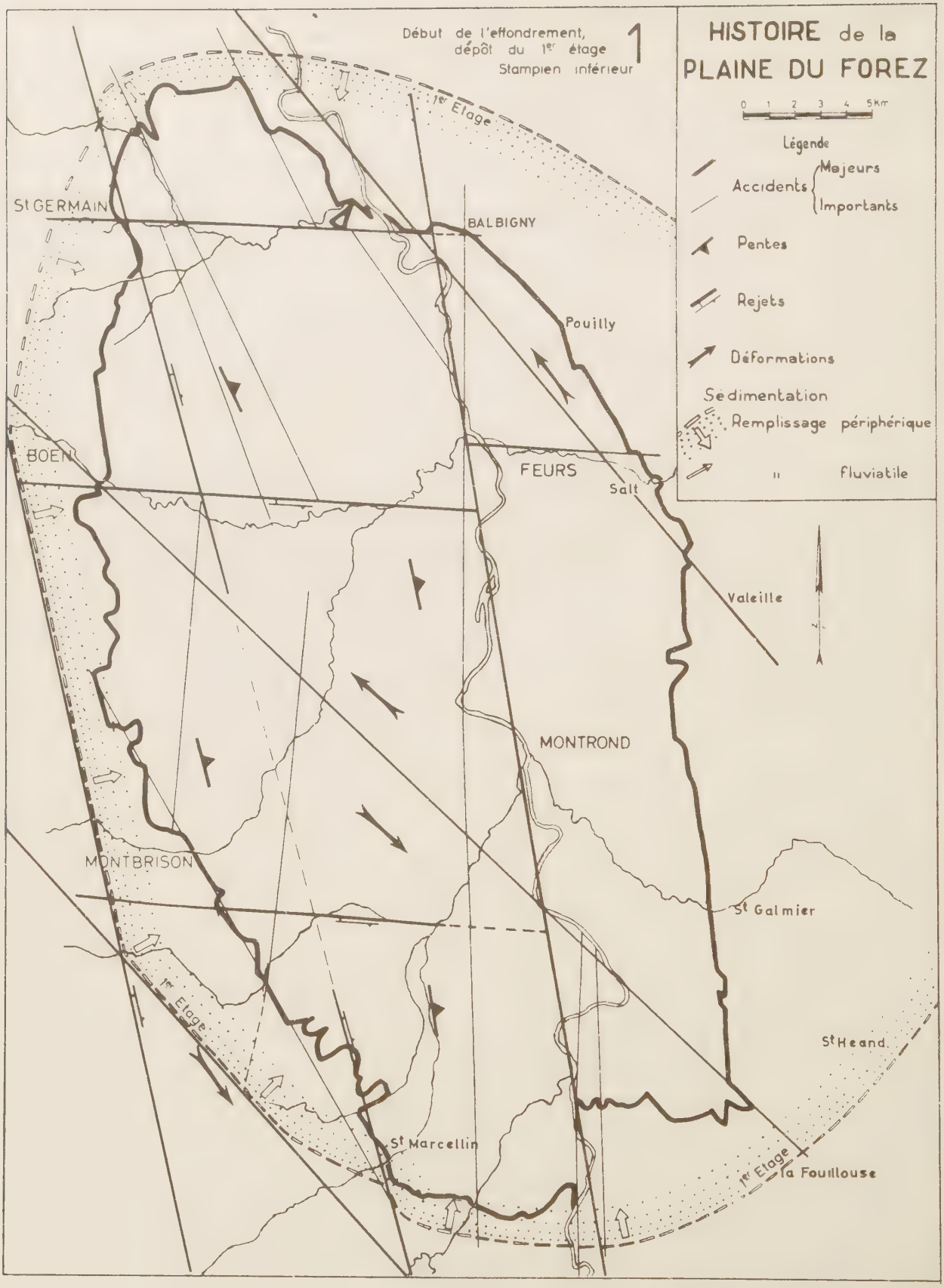

HISTOIRE de la PLAINE DU FOREZ
Début de l'effondrement, dépôt du 1er étage Stampien inférieur
1
0 1 2 3 4 5Km
Légende
Accidents Majeurs
Importants
Pentes
Rejets
Déformations
Sédimentation
Remplissage périphérique
" fluviatile
1er Etage
St GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand.
St Marcellin
la Fouillouse

Fig. 9

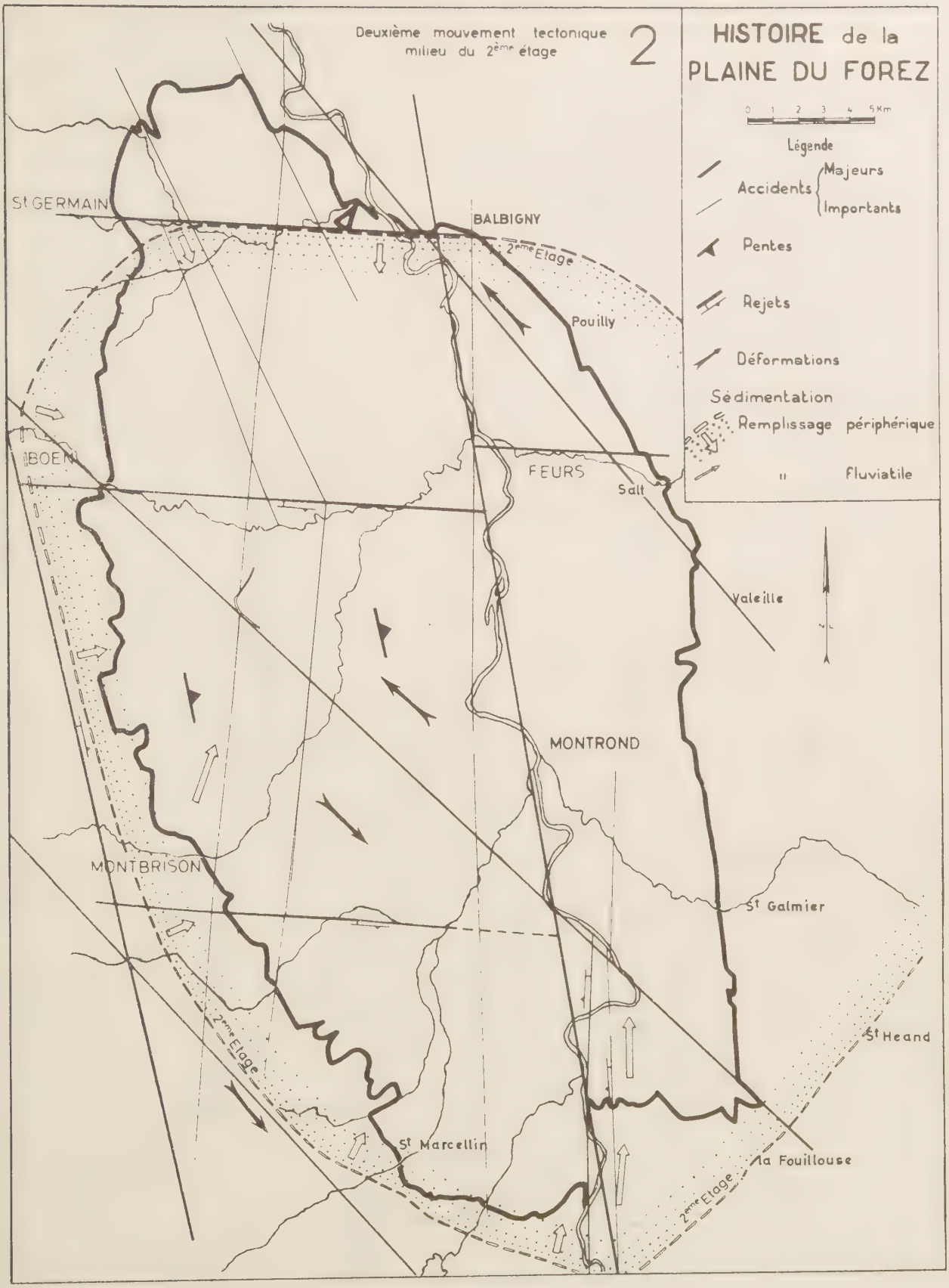

Deuxième mouvement tectonique
milieu du 2ème étage
2
HISTOIRE de la
PLAINE DU FOREZ
0 1 2 3 4 5Km
Légende
Accidents Majeurs
Importants
Pentes
Rejets
Déformations
Sédimentation
Remplissage périphérique
" Fluviatile
St GERMAIN
BALBIGNY
2ème Etage
Pouilly
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand
St Marcellin
la Fouillouse
2ème Etage
2ème Etage

Fig. 10

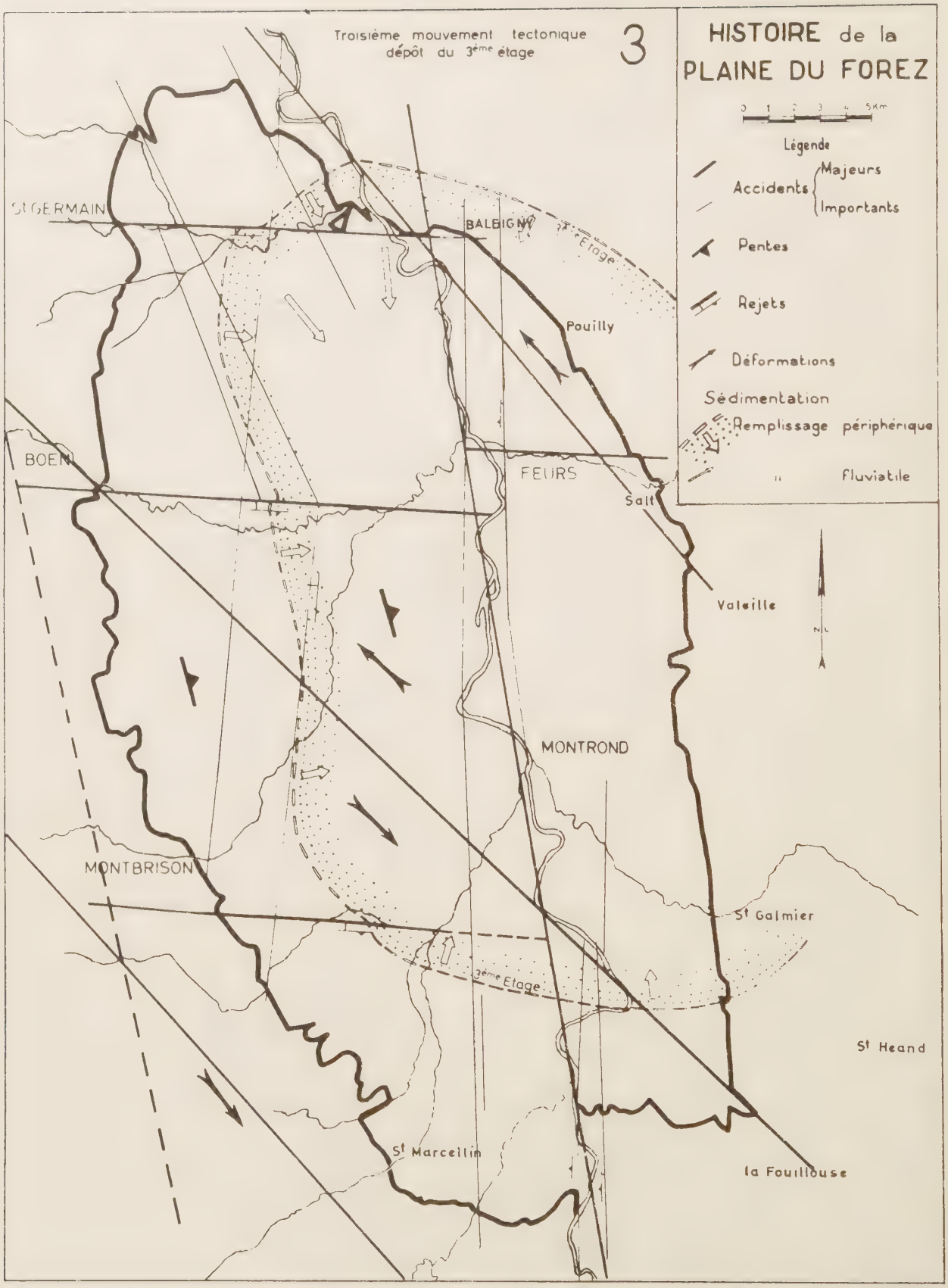

Troisième mouvement tectonique
dépôt du 3ème étage
3
HISTOIRE de la
PLAINE DU FOREZ
0 1 2 3 4 5Km
Légende
Accidents
Majeurs
Importants
Pentes
Rejets
Déformations
Sédimentation
Remplissage périphérique
" Fluviatile
St GERMAIN
BALBIGNY
3ème Etage
Pouilly
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
3ème Etage
St Heand
St Marcellin
la Fouillouse

Fig. 11

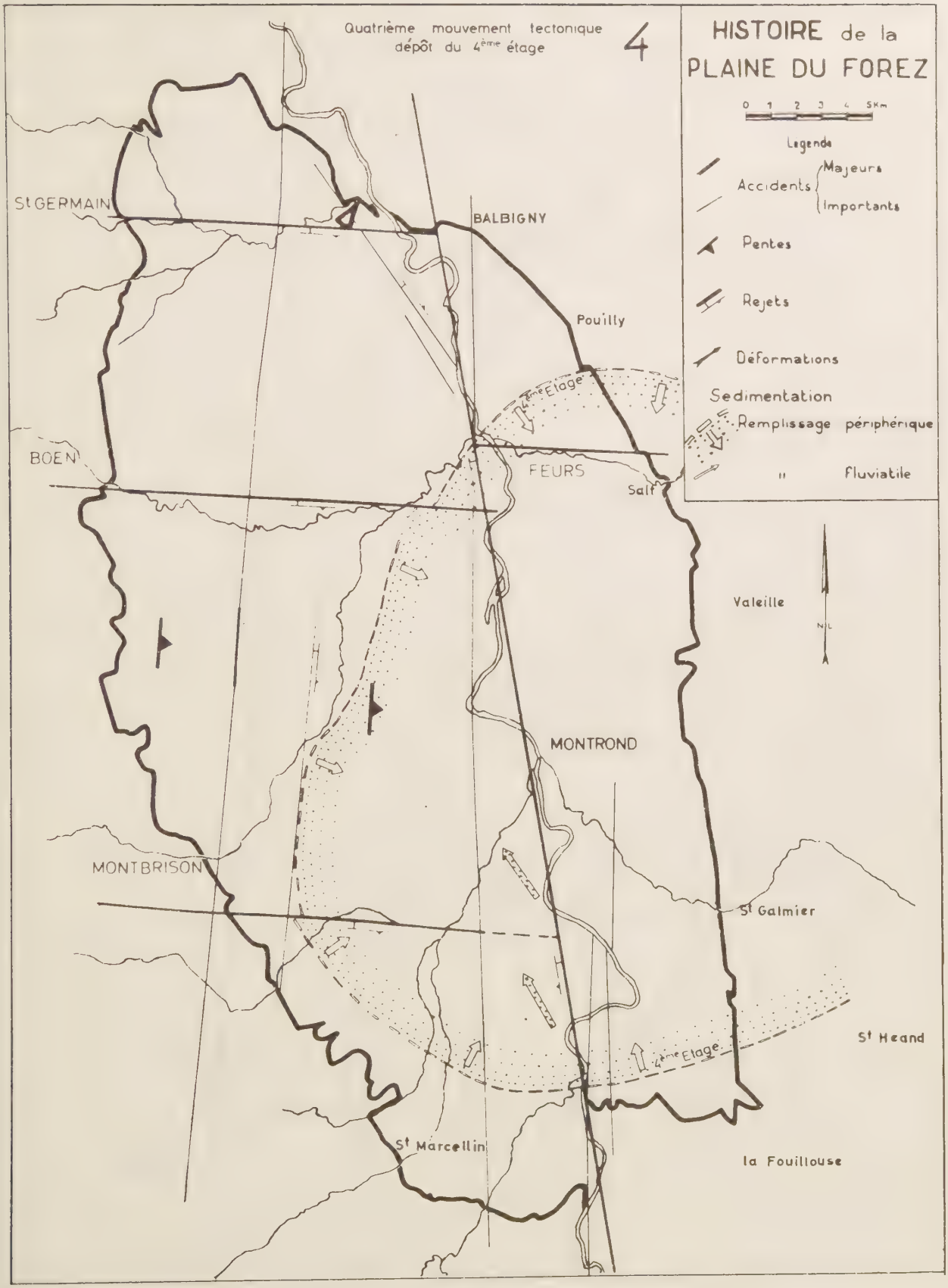

Quatrième mouvement tectonique
dépôt du 4ème étage
4
HISTOIRE de la
PLAINE DU FOREZ
0 1 2 3 4 5Km
Legende
Accidents
Majeurs
Importants
Pentes
Rejets
Déformations
Sedimentation
Remplissage périphérique
" Fluviatile
St GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
4ème Etage
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand
4ème Etage
St Marcellin
la Fouillouse

Fig. 12

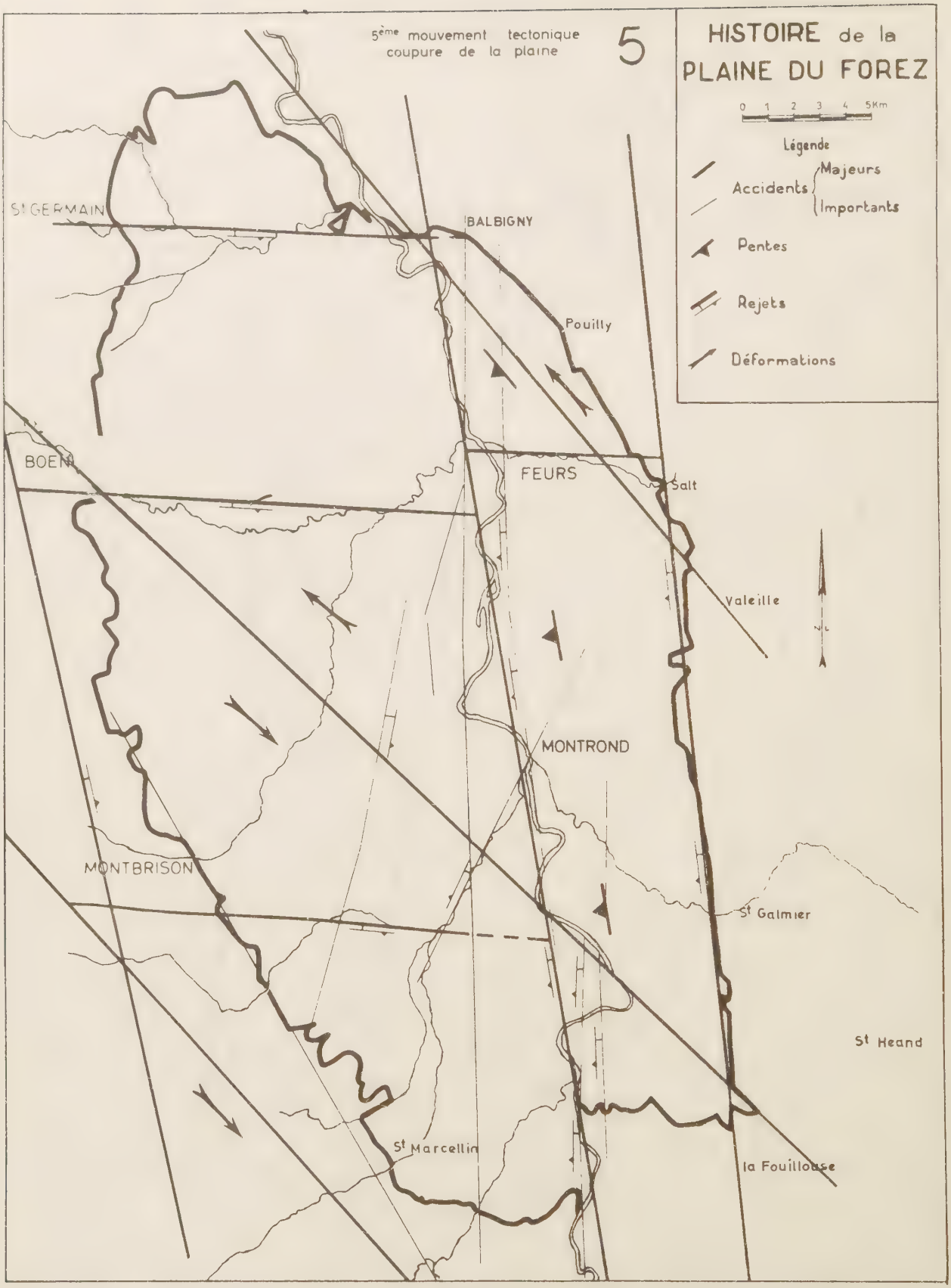

5ème mouvement tectonique
coupure de la plaine
5
HISTOIRE de la
PLAINE DU FOREZ
0 1 2 3 4 5Km
Légende
Accidents
Majeurs
Importants
Pentes
Rejets
Déformations
St GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
BOEN
FEURS
Salt
Valeille
MONTROND
MONTBRISON
St Galmier
St Heand
St Marcellin
la Fouillouse

Fig. 13

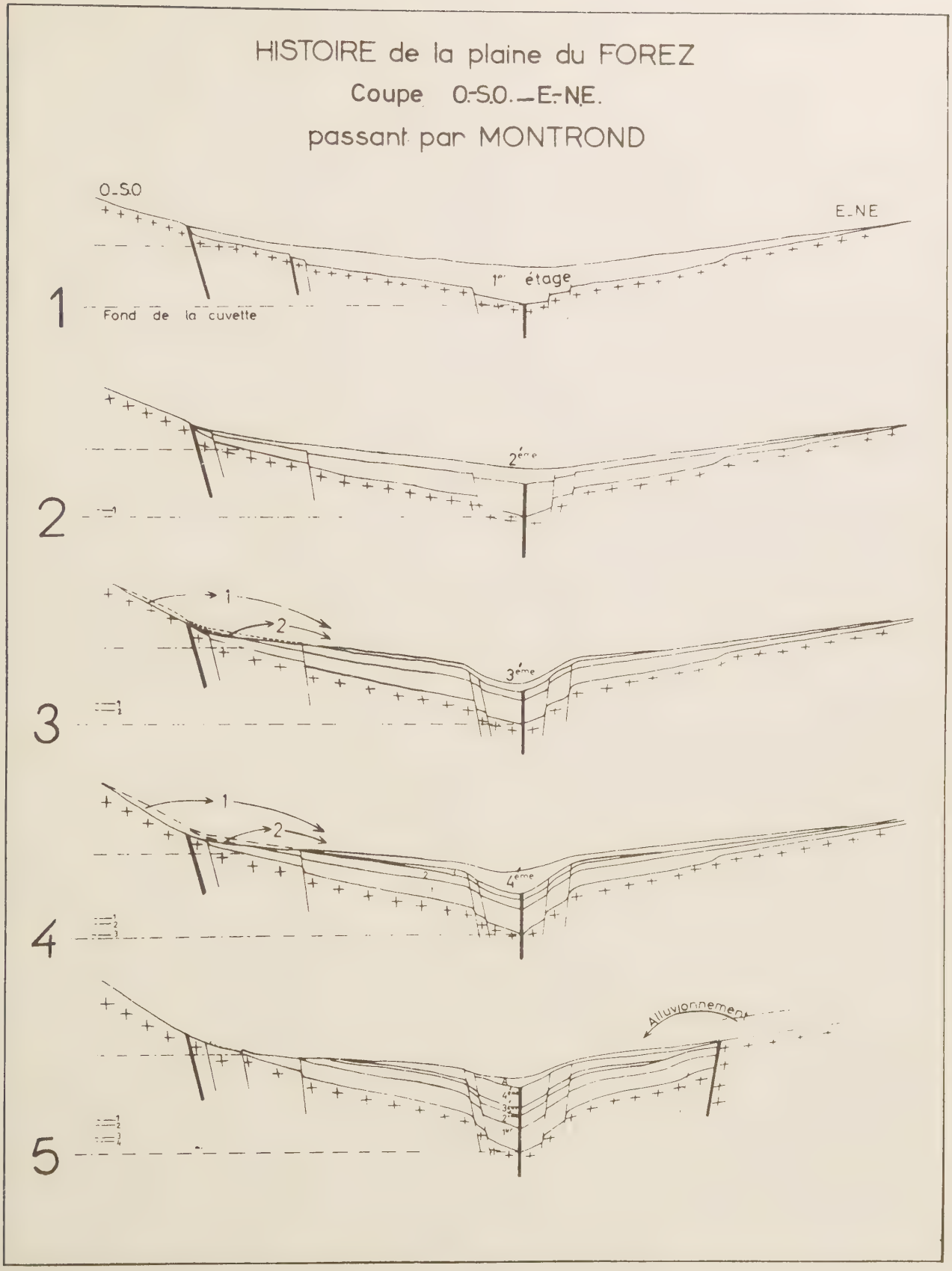

HISTOIRE de la plaine du FOREZ
Coupe O.-S.O. — E.-N.E.
passant par MONTROND
O.-S.O.
E.-N.E.
1
Fond de la cuvette
1er étage
2
2ème
3
1
2
3ème
4
1
2
4ème
5
Alluvionnement

Fig. 14

2ème PARTIE

L'URANIUM DANS LA PLAINE DU FOREZ

CHAPITRE XI

DÉCOUVERTE DES INDICES

En 1958, la Section de Géochimie du CEA prévoyait de faire des essais de prospection hydrogéochimique de l'Uranium dans les bassins sédimentaires du MASSIF CENTRAL. Or à la même époque, la prospection détaillée du cristallin Forézien arrivait aux limites occidentales de la plaine. Certaines équipes avaient déjà empiété sur le sédimentaire sans trouver autre chose que des anomalies radioactives dans les flats. Toutes ces anomalies étaient dues à des concentrations de minéraux lourds. (Zircons, monazites etc...). Localisées et faibles, elles ne présentaient pas d'intérêt économique et génaient l'interprétation des mesures radiométriques. De plus, à cette époque, la méthode de prospection appliquée aux terrains cristallins ne s'attachait qu'à la découverte de gîtes affleurants. Il apparaissait qu'elle n'était pas valable dans les formations sédimentaires et devait être modifiée, sinon remplacée.

On décida donc que la plaine du FOREZ serait choisie comme terrain d'essais pour une première campagne d'hydrogéochimie. Celle-ci était effectuée du 1er octobre au 20 décembre 1958. Seule, la teneur en U des eaux était mesurée , on ne tenait pas compte de leur résistivité. En outre, la densité des prélèvements était très faible (497 pour 900 km²). Cette campagne a trouvé plusieurs zones anomales principalement situées au contact cristallin-sédimentaire. L'une d'elles cependant occupait le centre de la plaine, près du village de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. Quelques travaux complémentaires d'hydrogéochimie et de géochimie des sols précisaient cette dernière en même temps qu'un contrôle radiométrique découvrait trois points radioactifs. L'un, de 500 CPS, se trouvait au Sud du village, dans une tranchée d'installation du gazoduc de ST ETIENNE.

Peu de temps après, au printemps 1959, la Division du FOREZ lançait une prospection radiométrique sur la zone des premiers indices. Six anomalies liées à des minéralisations secondaires telles qu'autunite et phosphuranylite étaient ainsi découvertes. Telle est l'origine du gisement de GREZIEUX.

Par la suite, une étude en surface et en profondeur fut commencée sur la zone des indices, puis en extension avant d'envisager une reconnaissance de toute la plaine. Elle a permis de reconnaître une partie du gite et d'en pressentir des extensions assez considérables. D'autres part, elle a facilité la mise au point d'une méthode de prospection. Cette dernière, détaillée ou semisystématique, devait suivre la prospection hydrogéochimique dont le rôle ne pouvait être que général.

Mais d'autre part, plusieurs zones minéralisées trouvées lors de cette première phase de travaux n'avaient pas été annoncées par la campagne d'hydrogéochimie. Or, le procédé s'était amélioré entre temps : on faisait intervenir la résistivité des eaux. On décida donc de refaire la prospection générale. Cette deuxième campagne, exécutée du 21 Mai au 25 juillet 1962, a couvert 600 km² (825 prélèvements). (On a fait l'impasse sur la zone du gisement, déjà étudiée). Elle a mis en évidence trois zones d'anomalies assez fortes et huit faibles.

Devant ces résultats nouveaux, et devant la possibilité d'utiliser une méthode semi-systématique correspondant à certaines caractéristiques des terrains à étudier on décida de prospecter entièrement les 760 km² de la plaine. On verra qu'à l'issue de cette prospection, un certain nombre d'anomalies ont été trouvées, certaines en extension de celles déjà connues, d'autres complètement indépendantes. Telle est l'origine de plusieurs zones dont on verra qu'elles méritent une valorisation par sondages.

CHAPITRE XII

MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE DE VALORISATION

Une méthode de prospection détaillée ou semi-systèmatique, de surface ou de subsurface devait donc succèder aux campagnes d'hydrogéochimie. Elle devait elle même être suivie des moyens d'investigations plus profonds capables, au moindre prix de vérifier en profondeur les indications de surface.

Cette deuxième partie de la valorisation, concerne des sondages d'abord non carottés, puis carottés effectués uniquement dans la région de GREZIEUX. Elle ne sera qu'effleurée ici, car elle fait l'objet d'un assez long développement dans la chronologie des travaux effectués sur les minéralisations connues.

La première partie, qui concerne les études de surface, a été tout d'abord expérimentée sur la zone minéralisée où les résultats des sondages aidaient à comprendre et à vérifier ce que l'on observait en surface. Par contre, elle concerne une région assez limitée où la lithologie est caractéristique. Elle est donc susceptible de modifications dans des faciès différents.

Deux questions primordiales se posent tout d'abord :

La première est évidemment la détection de l'Uranium, Pour cela. Il faut discuter de la confiance que l'on peut accorder aux diverses méthodes telles que la radiométrie, la géochimie, l'émanométrie.

La deuxième, non moins importante, est celle de l'influence des faciès lithologiques sur les résultats de ces différents moyens de détection.

1 - LA DETECTION DE L'URANIUM.

a - Radiométrie en surface et en subsurface.(1)

La minéralisation de GREZIEUX-LE-FROMENTAL est presque aveugle. Si l'on excepte cette activité de 500 CPS dans la tranchée du gaz, (donc trouvée dans des conditions exceptionnelles), la minéralisation n'affleure qu'en 6 endroits : il s'agit de 6 zones déprimées relativement humides. Les activités y sont assez étendues puisqu'elles peuvent couvrir 4 hectares, mais elles y sont faibles. Elles dépassent le mouvement propre (25 à 27 chocs par seconde AVP 9 tubes) de deux chocs au plus, en moyenne. Les maxima ont des dimensions de l'ordre du mètre et ne dépassent guère 40 CPS. Ce n'est qu'en creusant sur un des maxima qu'on voit l'activité augmenter.

C'est dire qu'une prospection radiométrique de surface aurait trouvé le gisement, mais à condition de resserrer considérablement la maille d'observation. La rentabilité d'une telle prospection aurait alors été compromise à l'échelle du gisement lui-même et à plus forte raison à l'échelle de la plaine entière. De plus, si la minéralisation affleure à GREZIEUX, il peut ne pas en être de même pour un autre gisement éventuel.

D'autre part, on le verra par la suite, la prospection a été faite en creusant à la tarière des trous de un mètre de profondeur. On a relevé les activités en tête et au fond de chaque trou. Effectivement, les seules anomalies observées en tête des trous, dans toute la plaine sont celles des 6 zones déjà trouvées ou celles des flats de bordure.

---

(1) Il s'agit là de mesures faites à l'aide de tubes G.M. L'emploi d'appareils à scintillateurs, plus récents et beaucoup plus sensibles peut modifier complètement la méthode.

A un métre de profondeur, les fortes anomalies radioactives ne sont ressorties que dans les zones où la minéralisation s'approche de la surface. Des activités plus faibles, irrégulièrement réparties accompagnent certaines zones anomales en géochimie des sols. La plus souvent, elles s'étalent vers l'aval des pentes sur quelques hectomètres à un kilomètre. On verra, dans l'étude du gisement que le milieu lithologique est plus favorable à la mise en circulation du radium qu'à celle de l'uranium. Ces décalages sont probablement dûs à cette particularité.

b - Géochimie en surface et en subsurface.

Sur la zone minéralisée, dès le début de la valorisation, on a travaillé "en aveugles". (longs trous de tarière de 1 à 5 mètres, puis sondages non carottés de 10 à 20 mètres). Les mesures radiométriques étaient réservées au contrôle de ces trous. En effet, l'étude de la tranchée du gaz n'avait montré aucune différence de faciès entre la roche stérile et la roche minéralisée. Il devenait donc inutile d'entreprendre des fouilles. Les travaux de surface ont donc consisté au départ en petites campagnes de géochimie des sols. Destinées à étudier les possibilités de liaisons entre les taches radioactives, de surface, elles étaient assez rapidement vérifiées par les sondages. Les prélèvements étaient effectués à la base de la couche de terre végétale, selon la méthode habituelle et sur les conseils de la section de géochimie. Les résultats ont montré que ces liaisons étaient possibles, mais ils n'ont pas pu les confirmer catégoriquement : ils étaient trop confus pour être interprétés.

En effet, à la profondeur où les prélèvements ont été faits, l'uranium est soumis à des entrainements importants et anarchiques. Le réseau hydrographique naturel de la plaine a été complètement transformé par les hommes. Il est maintenant imbriqué dans un réseau de canaux qui servent alternativement à l'irrigation et au drainage. Le relief trop mou empêche enfin de comprendre des entrainements géochimique souvent très étendus.

Il fallait donc prélever assez profondèment pour éviter ces inconvénients. Dans toute la zone fertile, une série de trous de deux mètres de profondeur ont alors été faits, avec un prélèvement tous les 20 centimètres. Les résultats ont montré :

1°/ Que l'importance des entraînements géochimiques diminue très vite avec la profondeur et semble se stabiliser entre 0m50 et 1 mètre.

2°/ Que les teneurs maxima se tiennent en général entre 0m60 et 1 m. Que dans presque tous les essais, sauf ceux qui ont atteint une couche minéralisée peu profonde, ces teneurs retombent au dessous de 1m20. Il existe donc, entre 0m60 et 1m20 une zone d'accumulation qui correspond aux horizons illuviaux. Puisque les teneurs redeviennent faibles au dessous, on est assuré qu'il n'y a pas accroissement de la teneur de certaines roches mères.

D'autre part, dans les faciès les plus répandus dans la région de GREZIEUX, c'est-à-dire dans les argiles plastiques ou peu sableuses, les zones ou l'uranium géochimique est le plus abondant à 1 mètre de profondeur se trouvent soit à l'aplomb de la minéralisation d'origine, soit relativement peu décalées. On sait qu'il n'en est pas de même en surface.

On peut donc supposer que, toujours dans ces faciès, la percolation des eaux est lente et se fait à peu près verticalement. En arrivant dans l'horizon d'accumulation, et jusqu'à la surface, ces eaux s'évaporent et l'Uranium qu'elles contiennent se fixe dans les argiles. En même temps, les eaux météoriques l'entraînent tel que je l'ai dit plus haut.

De la sorte, les anomalies trouvées à 1 mètre de profondeur indiquent souvent l'aplomb de la minéralisation. Quand elles ont subi un certain entraînement, elles restent plus près de l'aplomb que celles de surface. Il suffit donc d'étudier les contrastes entre les teneurs en surface et les teneurs maxima de l'horizon d'accumulation pour déterminer à peu près la direction de cet aplomb. Les sondages ont, en plusieurs cas, confirmé cette détermination.

On a donc décidé de prospecter par trous de tarière profonds de 0m60 à 1 m, en faisant deux prélèvements par trou. On a d'abord pris le prélèvement en profondeur de façon ponctuelle, juste au fond du trou. Par la suite, on s'est aperçu qu'on ne diminuait pas le contraste en étalant ce prélèvement de 0m50 à 1 m. De la sorte, on est sûr de recouper l'horizon d'accumulation dont la profondeur varie dans ces mêmes limites.

c - L'émanométrie.

A l'époque où se faisaient les premiers essais, on envisageait seulement la géochimie comme moyen de détection. En effet, l'émanométrie n'en était qu'à ses débuts, et les appareils dont on disposait n'étaient pas encore bien connus. De plus, dans la zone de GREZIEUX, on craignait que les

puissantes couches d'argiles, plus ou moins gorgées d'eau ne fassent écran au radon et que celui-ci n'arrive à la surface qu'à l'affleurement de ces couches, c'est-à-dire assez loin du gisement quelquefois.

Aujourd'hui, l'emploi de l'émanomètre a fait de gros progrès. On l'envisage donc dans les cas où la géochimie est impuissante. C'est par exemple le cas des couches sableuses, très abondantes dans la plaine, en dehors de la zone du gisement. Dans de tels faciès, en effet, la percolation des eaux peut se faire, mais l'U géochimique a peu de chances de se fixer avant d'être lessivé et entraîné par les eaux météoriques. Des essais sont en cours pour étudier l'intérêt de cette méthode dans les terrains sédimentaires.

2° - IMPORTANCE DES FACIES LITHOLOGIQUES.

Il importe donc d'avoir un contrôle géologique constant et immédiat, ne serait-ce que pour la répartition de l'emploi de l'une ou l'autre méthode. De plus, ce contrôle est nécessaire pour la compréhension des résultats d'une méthode employée seule. Par exemple, la géochimie des sols donne d'excellents résultats dans les argiles (On a vu, dans la partie Est du gisement que l'uranium peut "transpirer" jusqu'à la surface à travers quelques dizaines de mètres d'argile). Par contre, on connaît d'autres exemples ou un recouvrement sableux de quelques mètres empêche toute apparition de l'U, géochimique à la surface. D'autre part, les niveaux marneux ou calcaires peuvent créer des conditions de fixation anormales. On peut y trouver des anomalies fortes déposées par des eaux très pauvres.

Enfin, l'étude géologique, qui fait suite à ce contrôle des faciès peut expliquer en partie le régime hydrographique souterrain. En général, les Limagnes sont encaissées entre des Horsts cristallins assez élevés et le niveau phréatique peut arriver très près de la surface. Il joue alors un grand rôle aussi bien dans la répartition de l'Uranium géochimique que dans celle du radon. L'alternance fréquente des couches argileuses et sableuses conduit à la formation de nappes captives. Les eaux uranifères peuvent alors arriver à la surface assez loin de la minéralisation et créer des anomalies au long de l'affleurement du niveau sableux qu'elles suivaient.

Très souvent ces nappes captives sont artésiennes. La pression a tendance à faire remonter l'eau en percolant à travers les argiles susjacentes. L'étude des couches minéralisées à GREZIEUX a montré qu'une partie des minéralisations est remaniée et déplacée vers le haut dans les argiles, par cette percolation. Or, le minerai y est en déséquilibre et c'est au dessus de cette zone que l'on trouve les plus fortes anomalies géochimiques.

Ce contrôle géologique, si utile était pourtant impossible à réaliser eu égard au très petit nombre d'affleurements de la plaine. Mais dès l'instant où la détection de l'uranium exigeait des trous, ceux-ci pouvaient fort bien être utilisés comme affleurements artificiels. En effet, les horizons illuviaux où se font les prélèvements correspondent à une zone d'altération peu importante de la roche mère. Pour les faciès argilo-sableux, (les plus fréquents), elle ne se traduit que par un changement de couleur qui n'empêche pas la reconnaissance macroscopique. Seules, les carbonates peuvent subir des changements plus profonds. J'ai donc reconnu en bloc les faciès carbonatés par leur seule effervescence à l'acide.

D'autre part, les deux procédés de détection de l'U que l'on vient d'envisager sont utiles dans l'élaboration de la carte géologique faite à partir de la carte des faciès. Par exemple, les teneurs géochimiques de surface font nettement ressortir des failles. Il en est de même de l'émanométrie.

3° - MODE OPERATOIRE.

En conséquence, le mode opératoire est le suivant : Pour chaque trou de 1 mètre de profondeur on fait :

1°/ Une reconnaissance macroscopique des faciès.

2°/ Deux prélèvements pour la géochimie ou une mesure émanométrique.

3°/ Deux mesures de radioactivité en tête et au fond du trou.

Dans les plaines sédimentaires où les cultures sont riches, en général, on n'a pas intérêt à suivre une maille systématique rigide. On se contente d'une implantation plus souple, creusant les trous dans les endroits les plus accessibles (bords de chemins, limites de parcelles etc...) en les répartissant le plus régulièrement possible. Dans la plaine du FOREZ, la densité des prélèvements a varié de 10 à 25 au kilomètre carré.

Au cours des travaux, je me suis aperçu qu'il n'est pas nécessaire de trop rapprocher les trous. Pour la géologie, la densité de 10 au kilomètre carré est nécessaire, mais suffisante. Pour la géochimie, en première reconnaissance, il en est de même. Dans les zones anomales, on peut resserrer jusqu'à 25 trous au km². S'il on resserre davantage, on ne fait que compliquer les choses sans apporter la précision demandée. Pour l'émanométrie, ces notions devront être revues au cours des essais.

On notera en passant que le rendement moyen d'une équipe de 1 prospecteur et 1 ouvrier est d'une trentaine de km² par mois pour une densité de 12 trous au km².

CHAPITRE XIII

RÉSULTATS OBTENUS

Dans l'ensemble de la plaine, les teneurs fondamentales oscillent entre 0,6 et 4 ppm. Dans toute la partie de la plaine située au Sud de la vallée du Lignon, les teneurs inférieures à 1 ppm sont rares. Celles qui sont supérieures à 2 ppm entourent largement les zones anomales. Par contre, au Nord de la vallée du Lignon, les valeurs inférieures à 1 ppm couvrent des superficies importantes, alors que celles qui sont supérieures à 2 ppm forment des auréoles étroites autour des anomalies.

Les teneurs anomales débutent à 4 ppm. Ce sont évidemment des valeurs encore trop faibles pour être de véritables anomalies, mais l'expérience a montré que c'est le seuil à partir duquel il faut resserrer la maille. Ce n'est qu'à partir de 8 à 10 ppm qu'apparaissent les anomalies significatives.

Dix sept anomalies sont ressorties de la prospection de la plaine. D'une façon générale, on peut les classer selon les critères suivants :

1 - Position stratigraphique

2 - Situation géographique

3 - Teneurs à un mètre de profondeur

4 - Contraste positif ou négatif des teneurs.

5 - Surface des zones anomales.

6 - Radioactivités dans les trous.

7 - Appréciation qualitative, donc subjective de leur intérêt.

Dans le cas de la plaine du FOREZ, il m'a paru préférable de fonder le classement sur la position stratigraphique de l'anomalie. En effet, les rapports qui existent entre les anomalies uranifères et la sédimentation doivent être mis en évidence.

On a pu ainsi définir quatre groupes d'inégales valeurs :

Le premier se situe à la base du 1er étage, dans les sédiments grossiers.

Le deuxième occupe les niveaux à sédimentation calme et fine de la fin de ce même étage.

Le troisième semble se cantonner dans la partie terminale argilo-sableuse du 2ème étage.

Le quatrième se tient dans les argiles du 4ème étage et peut monter jusqu'à la base des marnes.

A l'intérieur de ces groupes, on citera les anomalies dans un ordre dépendant de leur situation géographique. Pour cela, on suivra les auréoles décrites par l'affleurement des niveaux intéressants en partant au Nord et dans le sens trigonométrique. Les autres caractéristiques seront alors données en bloc.

Voici maintenant la description de ces groupes d'anomalies. La figure 15 les situe dans la série stratigraphique. (Les numéros d'ordre sont les mêmes que dans le texte.

A - ANOMALIE SITUEES DANS LES NIVEAUX GROSSIERS DE LA BASE DU 1er ETAGE.

Anomalie 1. Elle est située dans des argiles sableuses, très près du contact du cristallin,

légèrement faillée à cet endroit. Petit groupe d'anomalies faibles et dispersées. Les teneurs croissent très légèrement en profondeur (jusqu'à 5 et 8 ppm). On n'a enregistré aucune activité dans les trous.

Si près du contact, cette anomalie parait trop faible et trop douteuse pour donner suite à des travaux de recherches ultérieurs.

Anomalie 2. Elle est située dans des argiles sableuses, très près du contact non faillé avec le cristallin. Cette anomalie forme une zone assez morcelée d'environ 2,5 km². Les teneurs y sont faibles, le contraste peu positif (jusqu'à 8 ppm). Aucune radioactivité ne lui semble liée. Par contre, on note deux zones plus actives de part et d'autre : L'une, au Sud-Ouest, correspond à la limite du cristallin. L'autre, plus à l'Est, se trouve dans le flat de la Loire. La proximité du cristallin peut également expliquer cette dernière zone dont les activités vont de 50 à 80 CPS.

En conclusion, les anomalies de ce premier groupe semblent peu intéressantes et surtout dues à la proximité du socle.

B - ANOMALIES SITUEES DANS LES NIVEAUX A SEDIMENTATION CALME DU SOMMET DU PREMIER ETAGE.

Anomalie 3. Elle est située dans les argiles, à proximité du cristallin. Le contact est faillé à cet endroit, ce qui peut expliquer la présence d'argiles si près du socle. L'anomalie couvre environ 25 ha. Elle est limitée à l'Est par la faille de contact, qui accélère l'ennoyage du socle. Les teneurs (de 3 à 5 ppm) en surface augmentent en profondeur (8 à 10 ppm). Les mesures de radioactivité ne montrent qu'une augmentation faible du mouvement propre qui passe de 27 à 30 CPS.

A priori, cette anomalie semble trop faible pour motiver des sondages, mais son importance peut grandir en fonction des résultats que l'on obtiendrait sur l'anomalie suivante, située à 4 km au Sud-Est.

Groupe d'anomalies n° 4. Il est situé à la fois dans les argiles et dans les marnes du sommet du premier étage. Il déborde même plus ou moins dans la base du 2ème étage. L'ensemble du groupe couvre une dizaine de kilomètres carrés. Il s'allonge sur 6 à 7 kilomètres selon NNO-SSE et occupe le versant Est d'une dépression en bas de laquelle on a une série d'étangs. Vers l'Est, il semble limité par deux failles importantes : les anomalies de surface qui se tiennent surtout en bas du versant sont limitées par la faille N. 25° Ouest de l'Isable. Les anomalies à 1 mètre de profondeur demeurent plus à l'Est, vers le sommet du versant. Elles débordent à l'Est la faille de l'Isable d'environ 1 km pour s'arrêter le long d'une faille alpine N. 15° Ouest. Les teneurs vont de 5 à 30 ppm en surface et de 6 à 41 ppm à 1 mètre, mais le contraste n'est réellement positif qu'au sommet du versant.

Les radioactivités montrent une élévation du mouvement propre au fond des trous (de 27 à 30 CPS). On observe également une zone légèrement anormale (de 30 à 40 CPS) en contrebas, dans la région des étangs. Cette zone s'étend vers le Nord-Ouest, vers l'anomalie n° 3.

On observe donc un décalage progressif depuis le haut du versant vers le bas de la pente. On a d'abord les anomalies géochimiques à 1 mètre, puis les anomalies de surface, enfin les activités. Quelques dosages du radium ont été faits, et il semble bien qu'on ait là un entraînement du radium plus lointain que celui de l'Uranium.

Ce groupe d'anomalies semble être un des plus beaux de la plaine après celui de GREZIEUX. C'est certainement le plus important trouvé dans ce niveau dans la série stratigraphique.

Anomalie 5. Cette anomalie est très nettement liée à un niveau argileux qui affleure le long d'un ressaut de terrain. Elle comprend deux zones peu étendues où les teneurs sont assez faibles, mais s'accroissent en profondeur (de 5 à 11 ppm). Les mesures radiométriques montrent une faible augmentation du mouvement propre.

L'anomalie est trop faible et trop peu étendue pour présenter un intérêt par elle-même. Cependant, elle peut prendre de l'importance selon le développement éventuel des recherches dans ces niveaux stratigraphiques.

Anomalie 6. Située dans une région déprimée, couverte d'étangs, cette anomalie est liée à la zone argileuse du premier étage. Elle est assez morcelée et couvre dans l'ensemble plus de 3 km². Les teneurs en surface (6 à 34 ppm) décroissent en profondeur (maximum 14 ppm), sauf à la périphérie. Les mesures radiométriques indiquent un léger accroissement du mouvement propre pour

l'ensemble et quelques anomalies plus fortes, mais isolées dans la zone Sud où le contraste est positif.

Les possibilités qu'offrent cette anomalie sont du même ordre que pour la précédente. Etant plus fortes et plus étendues, ce seraient elles qui seraient éventuellement valorisées les premières.

Anomalie 7. Située dans des argiles sableuses, la zone anomale ne couvre que 25 hectares environ. Par contre, les teneurs y sont assez fortes et augmentent nettement en profondeur (30 à 35 ppm). Les mesures radiométriques montrent une zone légèrement active (40 CPS) décalée vers l'Ouest.

Cette anomalie mérite de retenir l'attention, malheureusement ses dimensions sont assez limitées.

Anomalie 8. Elle couvre moins d'un kilomètre carré. Elle est liée aux marnes et calcaires du sommet du premier étage. Les teneurs y sont faibles. Elles augmentent en profondeur, mais ne dépassent pas 12 ppm. La zone anomale s'inscrit entre les deux failles N15 Est qui encadrent l'affleurement calcaire. Ce dernier forme une marche descendant vers l'Est.

Tout cet ensemble est voisin d'une zone active (jusqu'à 100 CPS) qui suit sur 8 kilomètres les flats de la Mare et de son affluent l'OZON. Les anomalies radioactives y sont liées à des minéraux lourds dans les alluvions récentes.

Si on considère les teneurs, relativement faibles, liées à des faciès carbonatés, cette anomalie peut être considérée comme douteuse. Mais sa position tectonique serait favorable à la conservation de minéralisations éventuelles.

C - ANOMALIES SITUEES DANS LES NIVEAUX ARGILO-SABLEUX DU SOMMET DU DEUXIEME ETAGE.

Anomalie 9. Située sur la rive gauche du LIGNON, cette anomalie a été trouvée dans les terrasses fluviatiles qui masquent le contact entre le deuxième et le troisième étages. Elle couvre environ deux kilomètres carrés. Les teneurs y sont pratiquement nulles en surface, et l'anomalie n'apparaît qu'en profondeur (entre 5 et 19 ppm).

Anomalie 10. Il s'agit d'une série de taches anomales qui couvrent environ 3 kilomètres carrés. Elles sont liées à des argiles sableuses du sommet du 2ème étage.

Elles restent toutes sur la rive droite du VIZEZY. A cet endroit, cette dernière domine la rive gauche. Elles semblent donc limitées par la faille Nord-Sud que suit la rivière. Les teneurs croissent en profondeur où elles sont de 9 à 28 ppm. Les mesures radiométriques n'ont montré qu'une faible augmentation du mouvement propre (30 CPS).

La partie Sud (peu éloignée des minéralisations de GREZIEUX) a été sondée. On y a trouvé des minéralisations très lessivées et partiellement érodées dont les lambeaux sont situés dans les sables argileux du 3ème étage. Les anomalies géochimiques, situées en contrebas dans la topographie et au dessous dans la stratigraphie proviennent vraisemblablement du lessivage d'un gîte démantelé.

Anomalie 11. Située dans des argiles et argiles sableuses du deuxième étage, ce groupe, très morcelé couvre 3 à 4 km². Les teneurs se groupent en zones irrégulièrement réparties : dans les unes, on a des teneurs fortes en surface (30 à 40 ppm) qui décroissent en profondeur. Dans les autres, des teneurs faibles (6 à 10 ppm) en surface augmentent en profondeur. (Quelques radioactivités anormales accompagnent ces zones à contraste positif, alors que dans l'ensemble le mouvement propre n'augmente pas.

Toutes ces zones anomales sont limitées à l'Ouest par une faille Nord-Sud. Ainsi, leur position stratigraphique et tectonique est identique à celle des anomalies 10. Je crois que leur origine doit également être la même. On peut envisager quelques sondages de recherche dans la partie Est de cette zone où les failles NS pourraient avoir protégé un lambeau plus important des minéralisations.

D - ANOMALIES SITUEES DANS LE NIVEAU ARGILO-SABLEUX DE LA BASE DU QUATRIEME ETAGE.

Groupe d'anomalies n° 12. Situé le long du versant Est de la vallée de l'ALLIOT, ce groupe d'anomalies couvre 8 kilomètres carrés environ. L'ALLIOT est une prtite rivière qui coule paral-

lèlement à la Loire, à l'Ouest du lit du fleuve. Son cours est régi par des failles NS et N15 Est. Les anomalies sont limitées à l'Ouest par ces failles ; à l'est, elles sont remarquablement cantonnées à des affleurements d'argiles vertes et n'empiètent pas sur les alluvions modernes situées en contrebas.

Les teneurs augmentent en profondeur (10 à 17 ppm) sur toute la partie haute de la croupe qui sépare l'ALLIOT de la Loire, soit sur 8 km dans le sens NS. Quelques faibles radioactivités (40 CPS) irrégulièrement réparties jalonnent cette zone.

Ce groupe semble indiquer une probabilité d'extension vers le Nord d'une partie des couches minéralisées de GREZIEUX. (Il s'agit des branches Nord qui ont été recoupées par les sondages sur la rive gauche de la Loire, à un kilomètre à l'Est de MAGNEUX).

Groupe d'anomalies n° 13. C'est la région anomale de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. Elle est entièrement comprise dans la partie inférieure du quatrième étage, couvre environ 25 km . Les teneurs sont variables (de 4 à 150 ppm). L'ensemble des anomalies à partir de 4 ppm occupe une unité géologique bien définie : le grand quadrilatère faillé où la base du quatrième étage a été protégée de l'érosion, sur la rive gauche de la Loire.

Les anomalies très fortes (au dessus de 50 ppm) correspondent aux zones où la minéralisation est à très faible profondeur. De la sorte, les prélèvements à 1m ont été faits dans la couche minéralisée elle-même.

Les teneurs comprises entre 10 et 50 ppm représentent l'anomalie moyenne du gîte. Dès que le recouvrement stérile dépasse 5 à 10 mètres, ces teneurs tombent à 20 ppm et au dessous. On voit donc l'importance que prennent de telles valeurs dans l'ensemble de la plaine.

Ces anomalies jalonnent bien le gisement à l'Ouest et au Nord-Ouest. Au Sud-Est, elles s'étalent plus largement dans la faible dépression de la vallée du GAND.

Les teneurs géochimiques sont plus fortes et plus régulièrement réparties dans les argiles plastiques. Tout à fait à l'Est de la zone actuellement connue du gîte, on peut voir les minéralisations "transpirer" à travers 30 à 40 mètres de recouvrement d'argiles plastiques et donner des teneurs géochimiques de 6 à 10 ppm. Par contre, au Sud de CHALAIN-LE-COMTAL, où l'on a un recouvrement sableux de 6 à 7 mètres, on ne trouve plus de teneurs anomales.

Dans l'ensemble, les zones à contraste positif se trouvent à l'aplomb de la minéralisation. Elles semblent encadrées irrégulièrement par des zones à contraste négatif : Cependant, elles réapparaissent au Sud-Est, dans la vallée du GAND.

L'étude du gisement lui même a montré que la minéralisation se tient à la base du quatrième étage, dans les 15 premiers mètres. Ces derniers, au mur des argiles correspondent à une alternance de couches argilo-sableuses et sableuses. Ce n'est qu'exceptionnellement et localement que la couche minéralisée supérieure monte dans les argiles. Elle correspond à un remaniement du gite vers le haut, probablement dû à une nappe captive sous pression. Le minerai y est en plus grand déséquilibre que dans l'ensemble du gisement (à radioactivité égale, la teneur en U est moins forte). Or c'est à l'aplomb de telles zones qu'on trouve les plus fortes teneurs géochimiques.

Enfin, les radioactivités mesurées au fond des trous sont également très variables. Elles sont très fortes dans les zones où une couche minéralisées peu profonde a été atteinte. Des activités assez faibles (entre 30 et 60 CPS) sont irrégulièrement réparties dans l'ensemble de la zone anomale. Elles peuvent aussi bien correspondre à de fortes teneurs géochimiques qu'à des teneurs stériles. Aucune loi ne semble se dégager de leur répartition.

Anomalie 14. Liée aux argiles et argiles sableuses de la base de l'étage, ce groupe assez morcelé, couvre une surface d'environ 3 kilomètres carrés. Les anomalies sont très faibles en surface et augmentent en profondeur jusqu'à 10 et 17 ppm. Des activités allant de 30 à 60 CPS entourent au Sud la zone anomale principale dans laquelle, par contre, le mouvement propre n'augmente pas.

Cette région a été sondée et on y a trouvé des minéralisations à près de 50 mètres de profondeur. Ces minéralisations sont assez belles, mais très localisées.

Anomalie 15. Situé près du lit de la Loire, ce groupe très morcelé est lié à des affleurements d'argiles plastiques vertes. Il couvre environ quatre kilomètres carrés. Les teneurs sont faibles et augmentent en profondeur (de 9 à 11 ppm). Une zone radioactive étendue (30 à 60 ccp) borde le lit de la rivière et dépasse assez largement l'anomalie géochimique vers le Sud. Ces activités sont davantage liées aux alluvions récentes qu'aux argiles plastiques.

Il est assez difficile de préciser l'importance de ce groupe et de décider dès maintenant de la poursuite éventuelle des recherches. Il est probable que les choses se préciseront lorsque plusieurs autres zones auront été sondées, notamment les extensions NE du gisement.

Anomalie 16. Cette anomalie liée à un affleurement de marne argileuse couvre moins d'un kilomètre carré. Les teneurs vont de 6 à 15 ppm. Il n'y a pas, a proprement parler, augmentation de ces teneurs en profondeur, mais plutôt un décalage très net d'environ un kilomètre vers le Sud de l'anomalie profonde par rapport à celle de surface. Aucune radioactivité n'a été repérée dans les trous.

Cette anomalie, si elle est assez limitée, se trouve beaucoup plus élevée dans la série stratigraphique que les précédentes. Par conséquent, si elle traduit une minéralisation située comme celle de GREZIEUX à la base de l'étage, elle est assez loin au dessus et pourrait donc être intéressante.

Anomalie 17. Il ne s'agit pas d'une zone anomale, mais d'une série de prélèvements à teneurs assez faibles (de 4 à 6 ppm) irrégulièrement répartis dans toute la région "aval" d'une anomalie hydrogéochimique qui n'a pas été confirmée par l'étude des sols. Les prélèvements dont il est question sont les seuls qui aient atteint les argiles dans une vaste zone à recouvrement sableux entièrement stérile. Les contrastes positifs n'ont donc plus aucune signification puisque les prélèvements de surface ont été faits dans ces sables. Cela semble indiquer une prolongation possible des minéralisations de GREZIEUX vers le Nord-Est.

E - ANOMALIES HYDROGEOCHIMIQUES NON CONFIRMEES.

Certaines des anomalies des sols que l'on vient de décrire avaient été pressenties par les campagnes d'hydrogéochimie. C'est le cas des zones 1, 4, 5, 6, 12, 13 (GREZIEUX-LE-FORMENTAL), 14 et 16. Il a fallu la campagne des sols pour faire apparaître les autres.

Enfin, deux zones anomales de la campagne d'hydrogéochimie n'ont pas été confirmées par cette campagne des sols.

La première a été rattachée à l'anomalie n° 17. En réalité, elle débute beaucoup plus au NE, vers l'amont. Mais, elles semblent toutes deux indiquer la même possibilité d'extension du gisement de GREZIEUX. Les teneurs dans les eaux (6 ppb), ainsi que celles des résidus secs (de 16 à 30 ppm) supportent parfaitement la comparaison avec d'autres zones intéressantes de la plaine.

La deuxième est située à 4 km à l'Ouest de SURY-LE-COMTAL. Elle est plus faible et moins étendue que la précédente. Sa situation, à cheval sur le contact Cristalin - Sédimentaire, ne semble pas très intéressante.

CHAPITRE XIV

L'URANIUM DANS LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE

Les anomalies géochimiques n'ont pas toujours une position stratigraphique identique à celle des minéralisations dont elles proviennent. Un exemple en est donné par l'anomalie 10 ou la minéralisation se trouve nettement au dessus des anomalies correspondantes. Malgré tout, les anomalies se groupent bien dans la stratigraphie et l'on peut maintenant faire un essai de synthèse.

Le premier groupe (1 et 2), situé à la base du premier étage, comporte seulement deux anomalies douteuses, tant par leurs teneurs que par leur situation au contact Sédimentaire - Cristallin.

Le deuxième groupe (3 à 8), situé dans la partie supérieure de ce même étage comporte 6 anomalies, dont deux à fortes teneurs et trois à teneurs moyennes. L'anomalie de ST SULPICE est assez étendue et semble intéressante.

La position stratigraphique, au sommet de la première séquence sédimentaire de la série, semble à priori assez favorable. Elle correspond à une période de confinement.

Le troisième groupe (9 à 11), situé au sommet du deuxième étage comporte trois anomalies assez belles. Elles sont placées dans des conditions géologiques identiques. L'une d'elles correspond à une minéralisation reconnue par sondages et située dans les argiles sableuses du 3ème étage. Il semble donc en être de même pour les deux autres. Leur situation, dans un étage aussi perméable, est peu favorable à la bonne conservation d'un gîte. De fait, celle qu'on a étudiée était lessivée et partiellement érodée. Quelques lambeaux mieux protégés peuvent cependant subsister.

D'autre part, l'étude de la sédimentation a montré que ces terrains proviennent en grande partie de la reprise de sédiments déjà déposés aux premier et deuxième étage.

Il semble que la minéralisation ait suivi le même chemin et provienne en partie elle aussi de gisements déjà mis en place dans les sédiments plus anciens et repris par l'érosion. Or, les indices plus anciens semblent tous groupés au sommet du premier étage.

Le quatrième groupe, situé à la base du quatrième étage comprend lui aussi 6 anomalies (12 à 17). L'une est belle et étendue et correspond aux minéralisations de GREZIEUX-LE-FROMENTAL. Quatre autres sont assez belles et correspondent à des extensions connues ou supposées de ce même gisement. Une dernière très faible, mais située dans des faciès peu favorables à la fixation de l'U géochimique correspond elle aussi à une extension possible du gîte. (Elle est confirmée par une anomalie hydrogéochimique).

On sait, par l'étude du gîte lui-même que les minéralisations se tiennent de préférence dans les argiles peu sableuses de la base de l'étage. On sait aussi que ces matériaux tout comme ceux du troisième étage proviennent pour une part de sédiments déposés dans les étages précédents. Là encore, les minéralisations ont pu suivre un périple identique. Pour une part elles peuvent donc provenir de l'érosion des gîtes déposés au sommet au premier étage, ainsi que ceux du troisième étage. Pour une autre part, elles peuvent également provenir de l'érosion du socle. Mais cette fois, elles ont trouvé un "habitat" géologique plus favorable à leur conservation.

En effet, les argiles sableuses y sont plus puissantes que dans le troisième étage et les couches sableuses y sont moins importantes. De plus, les puissants niveaux d'argiles plastiques situés au toit ont constitué une couverture efficace contre l'inflitration. Enfin, une tectonique assez particulière a empêché le lessivage par les nappes captives dans les niveaux sableux.

On peut donc résumer l'histoire de l'Uranium de la façon suivante :

a - Premier dépôt d'Uranium au sommet de l'étage de base.

On ne connaît pas encore ces minéralisations. On peut cependant supposer qu'elles se sont mise en place soit dans les argiles sableuses, soit dans les niveaux carbonatés. Comme on est à la fin d'une première séquence sédimentaire très complète, le métal ne peut provenir que du socle. Le lessivage des granites entourant la plaine suffit à en fournir de grandes quantités. On peut, en effet, considérer le volume érodé d'une part et la différence entre les teneurs fondamentales des terrains en présence d'autre part. Ces teneurs sont de 4 ppm d'U dans les granites ; elles sont inférieures à 1 ppm dans les sédiments qui proviennent de l'érosion de ces granites. A cela il faut ajouter l'U contenu dans les gisements filoniens démantelés.

b - Erosion d'une partie de ces niveaux sédimentaires minéralisés.

Cette érosion débute pendant le dépôt du troisième étage et se poursuit pendant le dépôt de la base du 4ème étage.

Pour ces deux périodes, on peut estimer la largeur érodée entre 2 et 5 kilomètres pour les seuls niveaux supérieurs du premier étage. La puissance érodée est d'environ 150 à 200 mètres aux Monts d'UZORE, dont plus de 100 pour le sommet du premier étage.

c - Dépôt de la première fraction érodée de cet Uranium dans les sédiments du troisième étage.

En même temps que les matériaux arrachés à ces sédiments exondés autour du bassin se déposent, une partie de l'Uranium qu'ils pouvaient contenir est libérée. Elle a pu se fixer dans les niveaux d'argiles sableuses. La présence dans les sédiments de matériaux provenant de deux stocks, montre aussi un apport venant du socle. Il doit en être de même pour l'Uranium dont une partie a pu provenir du socle.

d - Erosion simultanée des niveaux sédimentaires minéralisés du sommet du premier étage et du 3ème étage.

A la fin du dépôt du 3ème étage, on sait qu'une exondation a précédé la sédimentation du 4ème qui reprend dans un bassin plus restreint et déplacé vers le Sud. L'érosion continue donc à agir à la fois sur le sommet du 1er étage et sur les parties exondées du 3ème.

e - Dépôt de la base du 4ème étage.

Les matériaux arrachés à ces niveaux se déposent alors pour former la base de ce 4ème étage . L'uranium provenant des deux minéralisations précédentes, doit également se déposer se fixant de préférence sur les argiles peu sableuses. C'est probablement là l'origine du gîte de GREZIEUX. Une certaine partie du métal peut également provenir directement du socle.

On entrevoit deux possibilités :

1/ Le métal s'est déposé en même temps que les sédiments.

2/ Il a été précipité peu après le dépôt de ces sédiments, encore sous forme de boues ou de vases non consolidées.

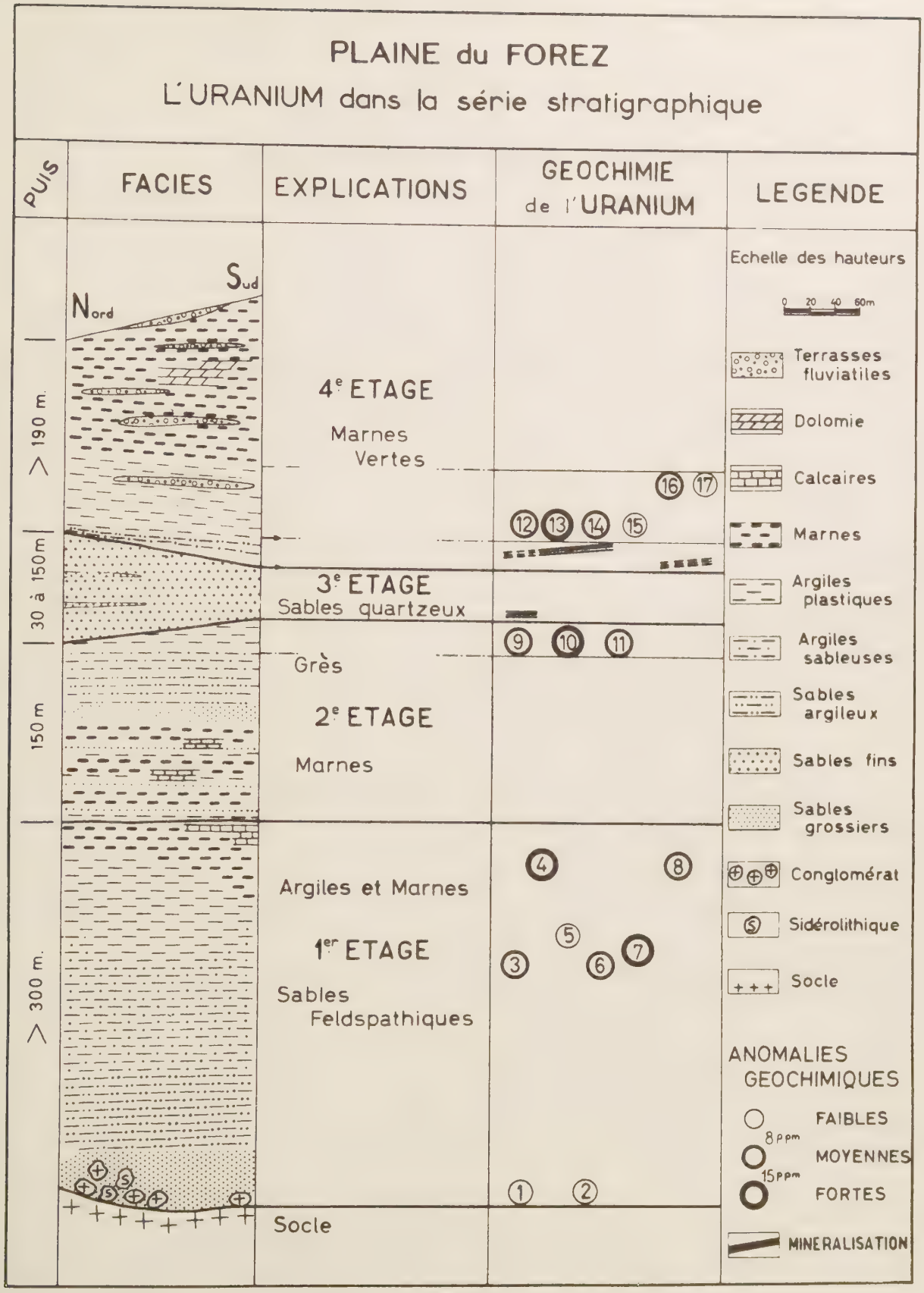

PLAINE du FOREZ
L'URANIUM dans la série stratigraphique
PUIS
FACIES
EXPLICATIONS
GEOCHIMIE de l'URANIUM
LEGENDE
Nord
Sud
> 190 m.
30 à 150 m
150 m
> 300 m.
4e ETAGE
Marnes Vertes
3e ETAGE
Sables quartzeux
Grès
2e ETAGE
Marnes
Argiles et Marnes
1er ETAGE
Sables Feldspathiques
Socle
Echelle des hauteurs
0 20 40 60m
Terrasses fluviatiles
Dolomie
Calcaires
Marnes
Argiles plastiques
Argiles sableuses
Sables argileux
Sables fins
Sables grossiers
Conglomérat
Sidérolithique
Socle
ANOMALIES GEOCHIMIQUES
FAIBLES
8 ppm
MOYENNES
15 ppm
FORTES
MINERALISATION

Fig. 15

CHAPITRE XV

INTÉRÊT DES ANOMALIES GÉOCHIMIQUES

Je vais conserver dans ce chapitre le classement par groupes selon la situation des anomalies dans l'échelle stratigraphique. On verra donc les possibilités générales de chaque groupe, puis j'essaierai de faire ressortir les anomalies les plus valables en fonction d'autres critères.

Afin d'avoir des points de comparaison, je commencerai par le 4ème groupe puisqu'il comprend les minéralisations GREZIEUX.

1°/ QUATRIEME GROUPE (BASE DU QUATRIEME ETAGE)

On a vu que les anomalies de ce groupe correspondent toutes au gîte de GREZIEUX ou à ses extensions possibles.

La plus belle de toutes les anomalies est sans contexte celle de GREZIEUX (anomalie 13). C'est le plus grande, la plus homogène, celle où les teneurs obtenues ont été les plus fortes.

Malgré tout, il ne faut pas perdre de vue que les anomalies supérieures à 50 ppm correspondent, en général à des trous forés dans la minéralisation même. Les teneurs géochimiques moyennes sont donc inférieures à 50 ppm et tombent rapidement au dessous de 20 ppm lorsque le recouvrement dépasse 6 à 7 mètres. Ces valeurs sont comparables à celles que l'on trouve dans le reste de la plaine.

Pour les extensions du gisement, on doit penser que les minéralisations à découvrir resteront dans les mêmes horizons stratigraphiques. Une extension vers le N.O sera donc plus profonde que dans la partie connue du gisement. Les teneurs géochimiques auront donc tendance à décroître à mesure que le recouvrement sera plus puissant. Cela semble donc donner un certain intérêt aux anomalies 16 et 17.

D'autre part, les minéralisations ont une position précise dans la morphologie. D'une part, elles se trouvent à une distance constante du centre de Sédimentation. D'autre part, elles bordent le sillon du grand Regme de la Loire.

- Dans le premier cas, les anomalies 14 et 16 ont une position identique. L'ensemble paraît entourer le centre du bassin. On peut supposer que les minéralisations se sont déposées sous une profondeur d'eau constante ou sur un fond à pente bien définie, ou même sur les rivages (rivages qui se sont déplacés, au cours de la transgression de la base de l'étage).

- Dans le deuxième cas, l'anomalie 12 semble prolonger vers le Nord des minéralisations situées juste au bord du sillon. Ces minéralisations peuvent d'ailleurs se prolonger sous le sillon, mais sont inaccessibles du fait de leur profondeur.

Enfin, l'anomalie 15 est encore peu connue. Les teneurs sont faibles, par contre la position, dans la morphologie est symétrique de celle de GREZIEUX, par rapport au centre du bassin.

2°/ TROISIEME GROUPE (SOMMET DU 2ème ETAGE)

On a vu que les trois anomalies de ce groupe avaient des situations à peu près identiques par rapport à la géologie et à la tectonique. De plus, elles sont assez rapprochées l'une de l'autre et semblent amorcer une auréole autour des anomalies 14 - 13 et 12 du 4ème groupe ; c'est-à-dire autour de GREZIEUX et de ses extensions Sud et Nord.

On avait déjà imaginé, au début des travaux de prospection qu'il pouvait exister un faisceau analogue celui de GREZIEUX sensiblement parallèle et situé à 3 km à l'Ouest. Les minéralisations faibles qui y ont été trouvées ont confirmé en partie cette supposition. Les niveaux dans lesquels elles se trouvent indiquent la possibilité d'un même mode de dépôt qu'à GREZIEUX. Malheureusement, l'ensemble de l'étage est beaucoup plus sableux et perméable et de plus on n'a pas ce toit d'argile plastique puissant qui a protégé GREZIEUX. Enfin, il ne semble pas que la tectonique ait agi de façon analogue. C'est pourquoi on ne peut retrouver que des lambeaux de minéralisation, l'ensemble du faisceau ayant été érodé et lessivé. Cependant, il se peut que l'on trouve un lambeau plus important et mieux conservé.

De toute façon, la parfaite similitude qu'on observe entre les deux formations montre que la prospection du faisceau parallèle dépend entièrement de celle des extensions de GREZIEUX.

3°/ DEUXIEME GROUPE (SOMMET DU PREMIER ETAGE)

Il reste maintenant à savoir si les anomalies géochimiques de ce groupe correspondent à des gisements. Autrement dit, si elles indiquent bien les restes en place des minéralisations qui ont dû exister dans ces niveaux et ont été en grande partie érodées. A priori, il n'y a pas de raison pour que la tectonique liée au début du dépôt n'ait pu les conserver jusqu'à maintenant. On peut donc supposer qu'une partie des minéralisations est restée en place, peut être protégée par les premiers affleurements du deuxième étage.

Mais, si elles ont été protégées de l'érosion, l'ont-elles été du lessivage ? On ne peut répondre à de telles questions tant qu'on ne saura pas dans quels niveaux exacts elles se sont déposées.

Il faut donc sonder avant d'émettre toute hypothèse. Parmi les zones à sonder, la plus favorable est certainement l'anomalie 4. C'est d'une part la plus étendue et celle où l'on trouve les plus fortes teneurs géochimiques. En outre, elle occupe une position favorable dans la morphologie. On sait en effet que le socle dessine deux dépressions l'une au Sud, près de GREZIEUX, l'autre au Nord dans la région Ouest de CLEPPE. Or, l'anomalie 4 occupe par rapport au centre Nord une position assez analogue à celle de GREZIEUX par rapport au centre Sud. C'est donc cette anomalie qui sera à vérifier en premier par sondages d'exploration.

Les anomalies 6 et 7 semblent intéressantes également. Elles occupent une position tout à fait comparable à celles du 3ème groupe et aux anomalies 14 - 13 et 12 du 4ème groupe. Ces alignements parallèles peuvent avoir une signification génétique.

En conclusion, il semble que toutes les minéralisation connues ou possibles de la plaine aient des caractéristiques communes : ou bien elles occupent des positons stratigraphiques identiques (et c'est évidemment le cas pour chacun des groupes) ; ou bien ces positions sont différentes, mais affectent des niveaux déposés dans des conditions analogues. On peut noter en effet une certaine analogie entre le deuxième et le quatrième groupe.

D'autre part, dans nombre de cas, leurs situations dans la morphologie sont comparables. Elles peuvent aussi bien paraître liées aux centres de sédimentation des bassins correspondant aux horizons qui les contiennent qu'au fossé du socle qui suit le Rhegme de la Loire.

Elles peuvent aussi indiquer des successions d'anciens rivages. Pour beaucoup d'entre elles, les conditions sédimentologiques et mécaniques sont remplies pour qu'on ait eu dépôt d'un gisement. Reste à savoir si les conditions tectoniques et lithologiques sont favorables à la conservation de ce gisement.

On ne doit pas terminer ce chapitre sans signaler que dans toute l'étude de la plaine, la détection de l'uranium a été basée uniquement sur la géochimie des sols. L'émanométrie a été signalée pour mémoire. En effet, les premiers essais doivent avoir lieu sur d'autres bassins. On ne peut donc conclure que tous les gisements possibles de la plaine ont été préssentis. N'en existe-t-il pas masqués sous un recouvrement sableux qui apparaitraient en émanométrie ?

De toute façon, on connaît maintenant assez de données lithologiques, sédimentologiques et structurales pour qu'une vérification des anomalies fasse sauter le pas à nos connaissances sur l'Uranium Oligocène ou miocène au delà du gîte semi-aveugle qu'était GREZIEUX-LE-FROMENTAL.

BIBLIOGRAPHIE

BARAS L. 1963 - Voir "Etudes en Laboratoire"

BRANCHE G. et Coll. - Voir "Etudes en Laboratoire"

BRESSAND P. 1924 - Etude sur les eaux minérales ou réputées telles du département de la Loire. LYON 1924

CHARRIN V. 1937 - Les Recherches de charbon dans la plaine du FOREZ. Revue de Génie Civil. Paris t. III - p. 232

CHARRIN V. 1942 - Le Houiller dans la plaine du FOREZ. Revue de Génie Civil t; 298 - p.119.

ENSELME et FOURNEL 1939 - Etude hydrogéologique des sources bicarbonatées du bassin tertiaire de MONTBRISON. Ann de l'Inst. hydr. Paris, 12 - 288 - 95.

GLANGEAUD L. et BOBIER Cl. 1960 - Morphotectonique et paléovolcanologie du FOREZ Oriental et de la plaine de MONTBRISON. C.R. Ac. Sc. t. 245 p. 338 - 340

GLANGEAUD L. et BOBIER Cl. 1959 - Géodynamique et Volcanisme du fossé de MONTBRISON et du horst du FOREZ. Bull. S.G.F. (7è), t.I - p. 867 - 880

GLANGEAUD Ph. 1909 - 1910 - Note sur les Monts du FOREZ. Bul. Serv. Carte Géol. France, t. XX n° 126 p. 94 - 101

GLANGEAUD Ph. 1910 - Architecture de la partie centrale des Monts du FOREZ. C.R. Ac. Sc., t. 150 p. 804 - 807

GLANGEAUD Ph. 1910 - Les formations archéennes, l'ancienne couverture et les plissements des monts du FOREZ, t. 150 p. 942 - 944

GLANGEAUD Ph. 1910 - Des phénomènes volcaniques et des phénomènes glaciaires dans les Monts du FOREZ C.R. somm. S.G.F. p. 92 - 93 et 481 - 482

GLANGEAUD Ph. 1910 - La bordure occidentale du bassin de MONTBRISON. La surrection oligocène et la cuirasse du FOREZ. C.R. Ac. Sc. t. 151 p. 904

GLANGEAUD Ph. 1911 - La région volcanique du FOREZ et ses roches. t. 152, p. 160 - 163

GRÜNER 1857 - Description géologique et minéralogique du département de la Loire. 1 Vol. 778 p. 1 carte - 1 Atlas, Paris, Imprimerie Impériale.

GRÜNER 1859 - Note sur la carte et la description géologique du département de la Loire. B.S.G.F. (2è sér.) t. XVI p. 412

GRÜNER 1882 - Note sur le Trou de sonde de MONTROND dans le FOREZ (Loire) B.S.G.F. (3è sér.) t. X p. 127

JUNG. J. 1939 - Compte-rendus des collaborateurs de la campagne de 1938. Feuille de MONTBRISON. Bull. Serv. Carte Géol. de France n° 199 t. XI

JUNG J. 1941 - Légende de la feuille de MONTBRISON. 2ème édition (carte géologique détaillée de la France).

JUNG J. 1946 - Géologie de l'Auvergne et ses confins Bourbonnais et Limousins. Mem. du Serv. de la Carte géol. de France.

LAUR F. 1881-82 - Géologie et hydrologie de la plaine du FOREZ. Etude par les sondages. ST ETIENNE

LAUR F. 1882 - Sur une eau thermale jaillissante dans la plaine du FOREZ. C.R.A.S. t. 94 p. 405

LAUR F. 1884 - Coupe géologique du sondage exécuté à MONTROND (Loire) C.R.A.S. t. 98 p. 1069

LE VERRIER M. 1889 - Notice de la feuille de MONTBRISON 1ère édition (carte géologique détaillée de la France).

LE VERRIER M. 1890-91 - Note sur les formations géologiques du Roannais et du Forez. Bull. du Serv. de la carte géol. de la France t. II n° 15.

LE VERRIER M. 1893 - Carte géologique de la France au 1/80.000è Feuilles 158 (ROANNE) et 167 (MONTBRISON).

MILLOT G. et collaborateurs - Voir "Travaux en Laboratoire".

MORTIER P. 1879 - Etude géologique de la plaine du FOREZ. Thiolier, ST ETIENNE.

MICHEL R. 1952 - Sur la genèse des Pépérites de Limagne. C.R. somm. S.G.F. p. 82

MICHEL R. 1952 - Etude pétrographique de quelques laves tertiaires du FOREZ (Loire) Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne.

SANSELME H. 1964 - Recherche indirecte de l'Uranium en terrain sédimentaire. Bull. d'infor. Scien. et tech. - CEA N° 88.

RAPPORT D'ETUDES EN LABORATOIRES

BARAS L. 1963 - Etude pétrographique de quelques sables de la plaine du FOREZ. Rapport CEA inédit.

BRANCHE G. - SANSELME H. - SCEMAMA Ch. - DUCLOS P. - 1963 Fiche d'étude sédimentaire n°2. CEA inédit.

BRANCHE G. et ses collaborateurs 1959 à 1964 - Rapports d'études minéralogiques, chimiques etc. CEA - SERVICE DE MINERALOGIE - Paris.

MILLOT G. et ses collaborateurs 1962 - Rapport d'études minéralogique, chimique et palynologique de 12 échantillons d'argile de la plaine du FOREZ. LABORATOIRE DE GEOLOGIE ET DE PALEONTOLOGIE DE l'UNIVERSITE DE STRASBOURG.

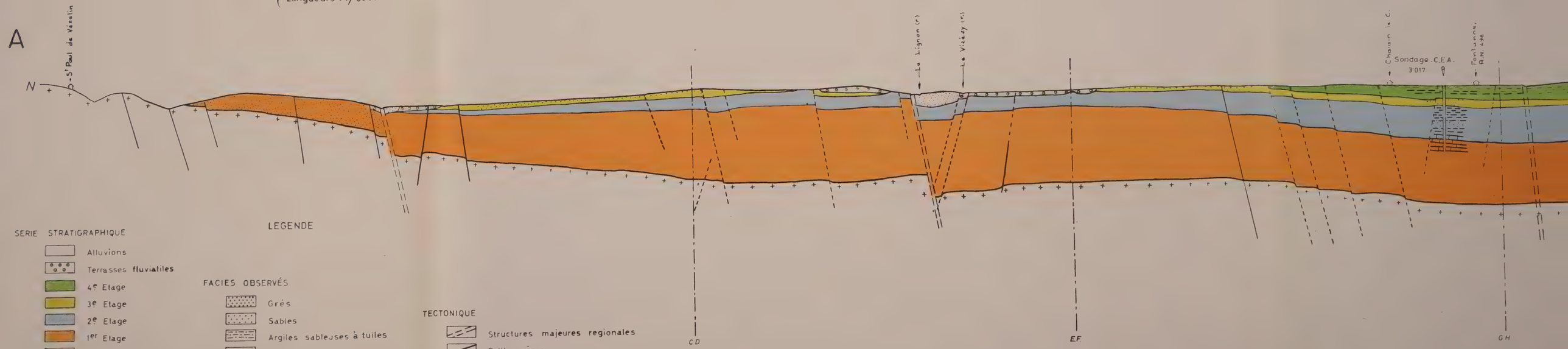
SCEMAMA Ch. 1963 à 1965 - Essais sédimentologiques sur des sédiments de la plaine du FOREZ. CEA, rapports inédits.

SOCIETE NATIONALE DES PETROLES D'AQUITAINE 1964 - Examen micropaléontologique de huit échantillons provenant du Bassin de MONTBRISON. Rapport inédit du centre de recherches de PAU.

PLAINE DU FOREZ

Coupe AB longitudinale

Echelles { Hauteurs : 1/10 000
Longueurs : 1/50 000



LEGENDE

SERIE STRATIGRAPHIQUE

- Alluvions
- Terrasses fluviatiles
- 4e Etage
- 3e Etage
- 2e Etage
- 1er Etage
- Basaltes
- Socle

FACIES OBSERVÉS

- Grés
- Sables
- Argiles sableuses à tuiles
- Argiles plastiques
- Niveaux carbonatés

TECTONIQUE

- Structures majeures regionales
- Failles sûres
- Failles probables

CEA_FOREZ_Mars 1964_P DUCLOS_

PLAINE DU FOREZ

Coupe CD transversale

Echelles { Hauteurs : 1/10'000
Longueurs : 1/50'000

LEGENDE

SERIE STRATIGRAPHIQUE

- Alluvions
- Terrasses fluviatiles
- 4e Etage
- 3e Etage
- 2e Etage
- 1er Etage
- Basaltes
- Socle

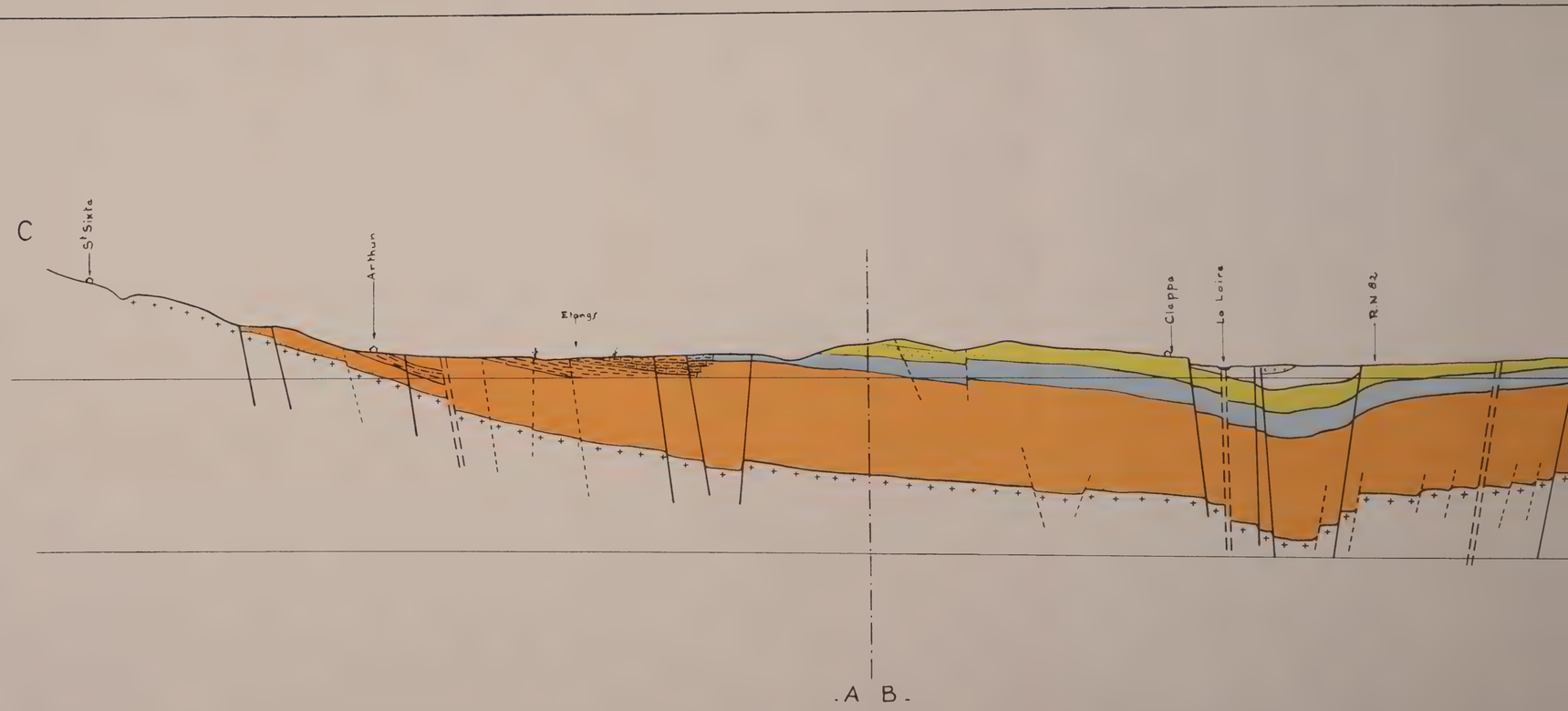
FACIES OBSERVÉS

- Grés
- Sables
- Argiles sableuses à tuiles
- Argiles plastiques
- Niveaux carbonatés

TECTONIQUE

- Structures majeures régionales
- Failles sûres
- Failles probables

C.E.A._ FOREZ_ Mars 1964 _ P. DUCLOS _



PLAINE DU FOREZ

Coupe EF transversale

Echelles { Hauteurs : 1/10'000
Longueurs : 1/50'000

LEGENDE

SERIE STRATIGRAPHIQUE

- Alluvions
- Terrasses fluviatiles
- 4e Etage
- 3e Etage
- 2e Etage
- 1er Etage
- Basaltes
- Socle

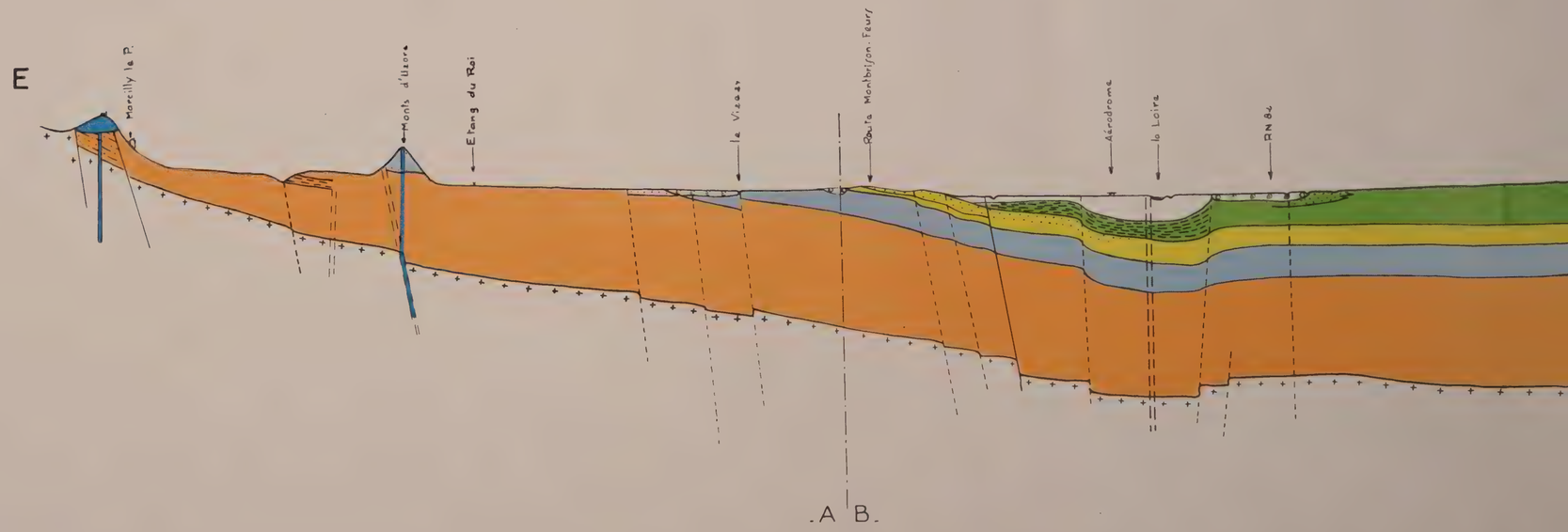
FACIES OBSERVÉS

- Grés
- Sables
- Argiles sableuses à tuiles
- Argiles plastiques
- Niveaux carbonatés

TECTONIQUE

- Structures majeures régionales
- Failles sûres
- Failles probables

C.E.A._ FOREZ_ Mars 1964 _ P. DUCLOS _



PLAINE DU FOREZ

Coupe GH transversale

Echelles { Hauteurs : 1/10 000
Longueurs : 1/50 000

LEGENDE

SERIE STRATIGRAPHIQUE

- Alluvions
- Terrasses fluviatiles
- 4e Etage
- 3e Etage
- 2e Etage
- 1er Etage
- Basaltes
- Socle

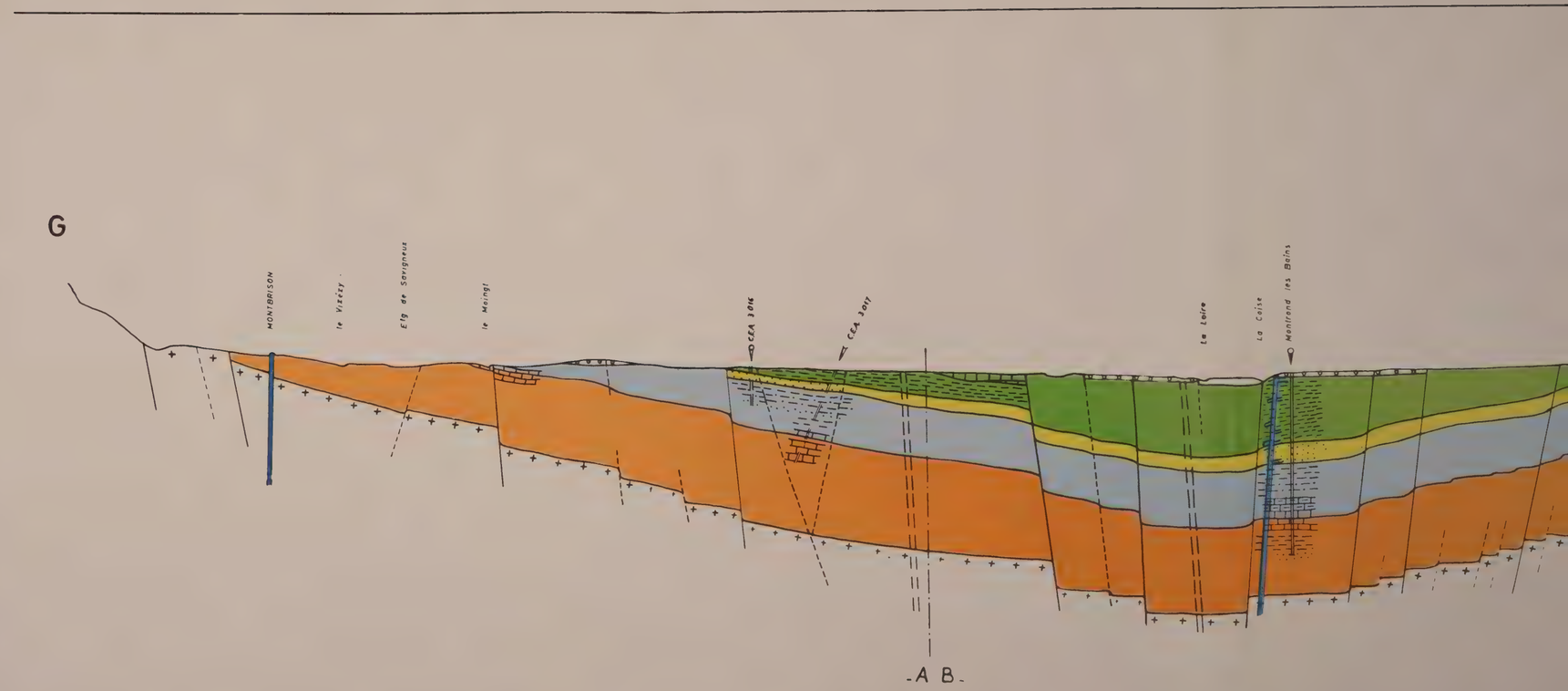
FACIES OBSERVES

- Grés
- Sables
- Argiles sableuses à tuiles
- Argiles plastiques
- Niveaux carbonatés

TECTONIQUE

- Structures majeures régionales
- Failles sûres
- Failles probables

CEA_FOREZ_Mars 1964_ P DUCLOS_



PLAINE DU FOREZ

CARTE GEOLOGIQUE

ECHELLE 1/100.000

Coupe A.B.
Coupe C.D.
Coupe E.F.
Coupe G.H.

St. Paul
St. Marcel
Néronde
Pommiers
St-GERMAIN
BALBIGNY
Pouilly
St. Sulpice
Arthun
BOEN
FEURS
Panissières
Montverdun
Marcilly
Montrouzore
Chambeon
Magneux
Marclopt
Chalain
MONTROND
Bellegarde
CHAZELLES
Grézieux
Boisset
Cuzieu
MONTBRISON
Crémeriaux
l'Hôpital
Précieux
St Galmier
Veauche
St. Germain
Chazelles
Margerie
Soleymieux
Marols
le Mont
St Cyprien
ANDREZIEUX
Bonson
St. Rambert
St. Marcellin
la Fouillouse
St. Heand
Valeille
St. Cyr
Salt
Panissières

LEGENDE

STRATIGRAPHIE

- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- 4ème étage - Argiles et Marnes vertes
- 3ème étage - Sables quartzeux
- 2ème étage - Grès de Veauche
- 1er étage - Sables et argiles feldspathiques
- Stéphanien
- Formations du socle
- Basaltes et Pépérites

FACIES LITHOLOGIQUES

- Sables
- Terrasses sableuses
- Terrasses à galets sans Basaltes
- Terrasses à Basaltes (Quartz dominants)
- Terrasses avec Basaltes dominants
- Calcaires
- Marnes
- Argiles plastiques
- Argiles sableuses à tuiles du 1er étage Faciès de bordure
- Argiles Sableuses
- Grès
- Brèches

TECTONIQUE

- Grands accidents majeurs
- Accidents importants
- Accidents mineurs

DIVERS

- Sondages Géologiques
- Coupes

Duclos 1965

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

"MINERALISATIONS URANIFERES de GREZIEUX-LE-FROMENTAL (LOIRE)".

Vu et approuvé :
Clermont, le :
Le Doyen de la Faculté des Sciences,
M. ROQUES

Vu
et Permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie
de Clermont,
E. LAPALUS

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Ouvrages scientifiques
TYPO-OFFSET
GAP (Hautes-Alpes)

Dépôt légal n° 285
1967